

*CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DE LA VENTILATION
DANS LES PORCHERIES FERMÉES*

THÈSE

présentée

à L'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD DE LYON
(Médecine - Pharmacie)

et soutenue publiquement le 14 décembre 1977
pour obtenir le grade de Docteur-Vétérinaire

par

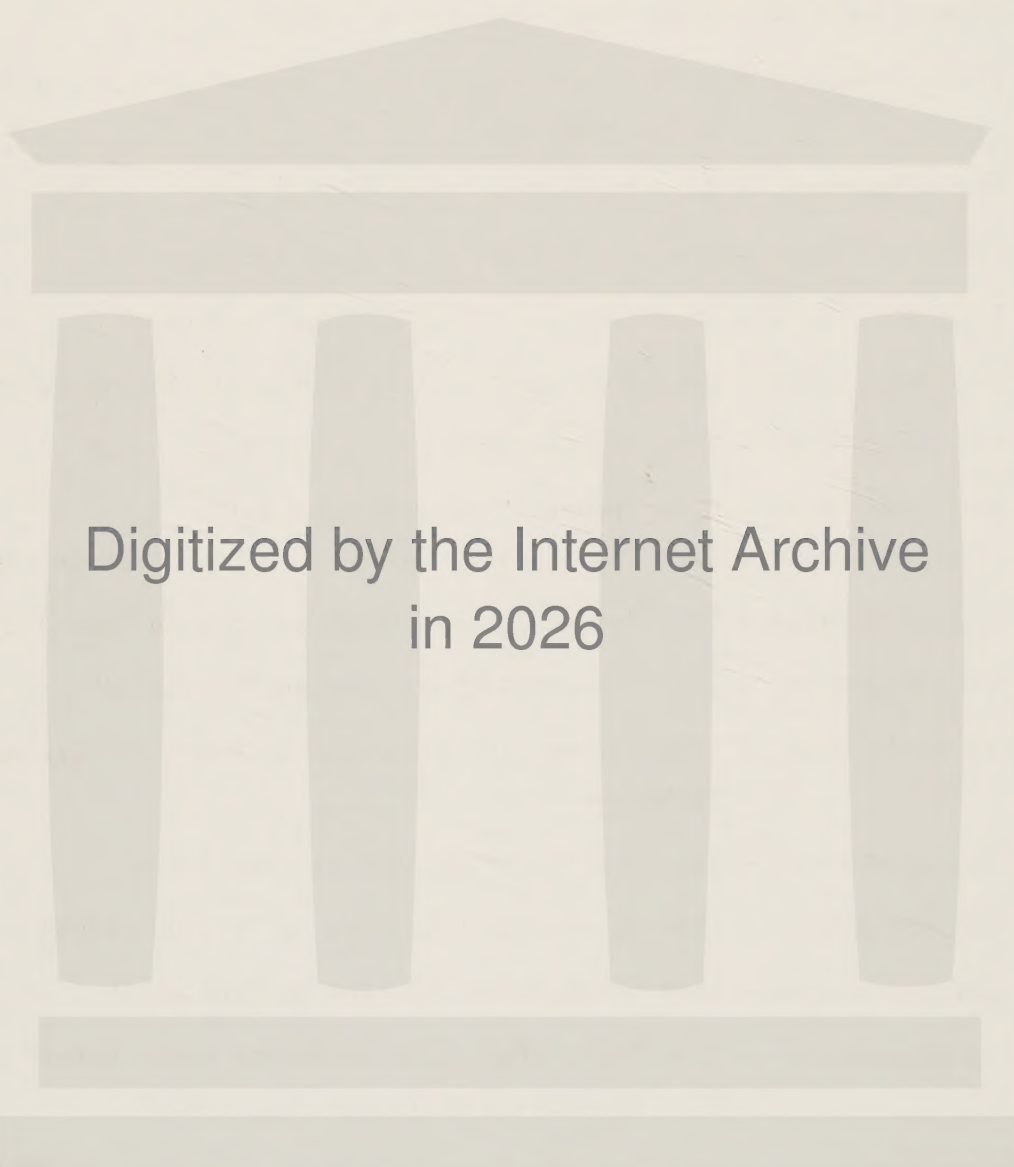
***Dominique* WUILQUE**

né le 4 mai 1951 à Vervins (Aisne)



ERRATA

- Page 17 : 2ème paragraphe - Lire "par la forme" au lieu de "de la forme"
- Page 19 : 2ème paragraphe - Lire "peut modifier" au lieu de "peuvent modifier"
- Page 21 : 1er paragraphe - Lire "ventilation" au lieu de "ventialtion"
- 4ème paragraphe - Lire "partie haute d'une paroi" au lieu de "partie d'une paroi"
- Page 25 : 3ème paragraphe - Lire "ceci" au lieu de "cici"
- Page 29 : 4ème paragraphe - Lire "commode et moins coûteuse" au lieu de "commodes et moins coûteuses"
- Page 32 : 1er paragraphe - Lire "0,5 m" au lieu de "0,5 m²"
- Page 36 : 4ème paragraphe - Lire "dénigrée" au lieu de "dénégrée"
- Page 40 : 4ème paragraphe - Lire "excessifs" au lieu de "excessif"
- Page 59 : Le schéma situé à gauche de la figure 74 représente la figure 75 (8)
- Page 62 : 1er paragraphe - Lire "au-dessous" au lieu de "au-dessus"
- Page 64 : 2ème paragraphe - Lire "peuvent" au lieu de "peut"
- 3ème paragraphe - Lire "deux gaines latérales ou" au lieu de "deux gaines ou"
- Page 65 : 3ème paragraphe - Lire "quand le porc fait" au lieu de "quand il fait"
- Page 75 : 1er paragraphe - Lire "constituer" au lieu de "constitué"
- Page 82 : 1er paragraphe - Lire "l'Institut Technique du Porc" au lieu de "l'Institut Technique"
- Page 83 : 3ème paragraphe - Lire "par jour" au lieu de "par jours"
- Page 84 : 8ème paragraphe - Lire "a un effet" au lieu de "ont un effet"
- Page 87 : 4ème paragraphe - Lire "installées" au lieu de "installé"
- Page 96 : 1er paragraphe - Lire "équivalentes ou nettement supérieures" au lieu de "équivalents ou nettement supérieurs"
- Page 119 : 3ème paragraphe - Lire "volume d'air disponible" au lieu de "volume disponible"
- Page 124 : 2ème paragraphe - Lire "créent" au lieu de "crée" et "entraînent" au lieu de "entraîne"
- Page 127 : 3ème paragraphe - Lire "L'agressivité" au lieu de "L'aggressivité"
- Page 130 : 1er paragraphe - Lire "voisins" au lieu de "voisines"



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554224_0007

*CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DE LA VENTILATION
DANS LES PORCHERIES FERMÉES*

THÈSE

présentée

à L'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD DE LYON

(Médecine - Pharmacie)

et soutenue publiquement le 14 décembre 1977
pour obtenir le grade de Docteur-Vétérinaire

par

Dominique WUILQUE

né le 4 mai 1951 à Vervins (Aisne)





PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'ECOLE NATIONALE VETERINAIRE

DE LYON

-
- Directeur Monsieur le Professeur FROGET
 - Directeurs honoraires Messieurs les Professeurs TAPERNOUX, FLORIO

PROFESSEURS

-
- 1° - Pharmacie et Toxicologie..... M. LORGUE
 - 2° - Anatomie descriptive, Extérieur, Anatomie appliquée..... M. BARONE
 - 3° - Physiologie, Thérapeutique, Pharmacodynamie..... M. BOST
 - 4° - Histologie, Embryologie, Anatomie Pathologique..... M. TISSEUR
 - 5° - Hygiène et industrie des aliments d'origine animale..... M. FLACHAT
 - 6° - Parasitologie et Maladies parasitaires..... M. EUZEBY
 - 7° - Pathologie médicale des équidés et des carnivores, Législation vétérinaire. M. FONTAINE
 - 8° - Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour..... M. COTTEREAU
 - 9° - Technique chirurgicale, Pathologie chirurgicale..... M. COULON
 - 10° - Obstétrique, Pathologie de la Reproduction..... M. BERTRAND
 - 11° - Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie..... M. OUDAR
 - 12° - Ethnologie, Zootechnie, Economie Rurale..... M. FROGET
 - 13° - Botanique appliquée, Agronomie, Alimentation..... M. WOLTER
 - 14° - Physique et Chimie biologiques et médicales.....
 - 15° - Maladies contagieuses, Zoonoses, Législation sanitaire..... M. JOUBERT

PROFESSEURS SANS CHAIRE

MM. CHANTEGRELET, DELATOUR, DESCHANEL, JEAN-BLAIN, LAPRAS, LE NIHOUANNEN.

MAITRES DE CONFERENCES

MM. BOIVIN, GASTELLU, MOUTHON.

MAITRES-ASSISTANTS AGREGES

M. PRAVE.

MAITRES-ASSISTANTS

Mme CHAUVE, MM. FRANCK, FAU, GARNIER, GEVREY, GOUY, KECK, LABE, Mlle LAVAL,
M. LEGEAY, Mme RACHAIL, M. RICHARD.

ASSISTANTS

MM. BELLI, BEZEAUD, CHEVRIER, Mlle COURSAT, MM. DEGUELLE, DEMONT, DESCOTES, EUZEBY,
Mlle FLEURY, MM. GENIN, MOREAU, NEYRET, PERROTIN, Mme SIMONET, M. SOTTIAUX.

EXAMINATEURS DE LA THESE

Président : M. le Professeur BERTOYE de la Faculté de Médecine
Premier assesseur : M. le Professeur COTTEREAU de l'Ecole Nationale Vétérinaire
Deuxième assesseur : M. le Professeur FROGET de l'Ecole Nationale Vétérinaire

L'Université Claude Bernard (Médecine-Pharmacie) de LYON et l'Ecole Nationale Vétérinaire de LYON déclarent que les opinions émises dans les dissertations qui leur sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent leur donner ni approbation ni improbation.

A MON EPOUSE

A MES PARENTS

A MES FRERE ET SOEURS

A TOUTE MA FAMILLE

A MES AMIS

A MONSIEUR LE PROFESSEUR BERTOYE
de la Faculté de Médecine de LYON

Qui nous a fait le grand honneur
d'accepter la présidence de notre
Jury de Thèse..

Hommages respectueux.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR Ph. COTTEREAU
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de LYON

Qui a suivi ce travail avec attention
et a volontiers accepté de le présenter.

Qu'il veuille bien trouver ici l'expression
de notre vive gratitude et de notre profond respect.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR J. FROGET
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de LYON

Qui a accepté de faire partie de notre jury de thèse.

Nous l'en remercions vivement et l'assurons de
notre profonde gratitude.

A TOUS NOS MAITRES DE L'ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

A MESSIEURS LES DOCTEURS VETERINAIRES

J.. EVRARD, R. FLUCHER, F. PEROT, Ph. VALLEZ, H. VINGTDEUX

Qui ont suivi avec attention nos études à l'Ecole
Vétérinaire et ont guidé nos premiers pas dans
la Profession.

C O N T R I B U T I O N A L ' E T U D E

D E L A V E N T I L A T I O N

D A N S L E S P O R C H E R I E S F E R M E E S

*
*
* I N T R O D U C T I O N *
*
*

Au cours de ces dernières années, l'évolution en ce qui concerne le logement du porc, a été particulièrement rapide. Des solutions nouvelles, que ce soit en matière de conception des locaux, d'équipements ou de mécanisation des diverses tâches, ont été recherchées afin de réduire les charges de main-d'oeuvre et d'améliorer les conditions de travail et les performances des animaux.

C'est ainsi que nous assistons à un abandon progressif des solutions de plein air et des bâtiments ouverts, au profit des bâtiments fermés, isolés thermiquement et ventilés ; l'expérience montrant que dans de nombreux cas, cette solution s'accompagne d'une baisse des coûts de production par rapport aux solutions envisagées il y a quelques années. (1, 20)

La création d'unités de plus en plus grandes conduit à une concentration si importante des animaux, qu'ils sont alors placés dans des conditions très particulières de milieu. Afin de ne pas augmenter les indices de consommation, ni les problèmes pathologiques ou d'assister à des baisses de production, il convient donc de fournir à ces porcs la meilleure ambiance possible et la sensation de "confort". Ces animaux, exploités d'une façon si intensive, ont des performances zootechniques qui sont largement tributaires des conditions climatiques dans lesquelles ils sont élevés.

D'autre part, la sélection poussée tend généralement à produire des animaux plus sensibles, plus fragiles, plus enclins à mal supporter les conditions défavorables du milieu.

C'est pourquoi il semble maintenant impératif d'établir une ambiance correcte dans les porcheries. De nombreux facteurs, comme la température, l'humidité atmosphérique, le sol, l'éclairement, la ventilation, les pollutions diverses microbiennes ou non, les gaz, concourent à créer le fluide dans lequel baignent les organismes.

Nous allons dans cette étude nous préoccuper de l'un de ces facteurs : la ventilation des porcheries fermées, tout en sachant bien que ce n'est qu'une partie d'un tout et qu'il est bien difficile d'étudier séparément chaque facteur, tellement les relations entre eux sont étroites.

Nous verrons successivement ce qu'est la ventilation, ses rôles, ses principes et ses techniques. Puis nous étudierons les exigences climatiques des différentes catégories de porcs et tout particulièrement le stade engraissement. Enfin nous essaierons de préciser quelques conséquences physiques, physiologiques, économiques et pathologiques de cette ventilation.

* C H A P I T R E I *
*

DEFINITION ET ROLES
DE LA VENTILATION

La ventilation est l'opération qui a pour objet un renouvellement régulier de l'air contenu à l'intérieur d'un local.

La ventilation a d'abord pour but de maintenir les teneurs en différents gaz, comme l'oxygène, l'azote, la vapeur d'eau, le monoxyde de carbone, le gaz carbonique, l'ammoniac, l'hydrogène sulfurée, les amines, les mercaptans, le méthane, etc..., à des normes acceptables. Elle doit donc assurer l'évacuation d'un certain nombre de gaz, principalement la vapeur d'eau, le gaz carbonique et d'autres gaz toxiques comme l'ammoniac et l'hydrogène sulfuré. Elle établit aussi un renouvellement de l'air pour assurer un apport d'oxygène suffisant.

Par ailleurs, elle constitue un moyen efficace d'agir sur le degré hygrométrique de l'air.

D'autre part, elle contribue à évacuer une partie de la chaleur produite dans le local en augmentant les pertes thermiques par convection par un renouvellement fréquent de l'air ambiant et agit ainsi sur la régulation de la température de l'air.

Sa fonction peut aussi être utile et nécessaire à la réalisation de nombreuses opérations comme la limitation des nuisances olfactives, l'élimination des poussières, le chauffage, l'humidification de l'air, l'ionisation de l'air, l'utilisation d'aérosols ; et surtout elle peut permettre le maintien du microbisme dans des limites acceptables et empêcher la condensation et par conséquent la corrosion des matériaux.

Son rôle dans l'assainissement de l'air prend une part primordiale dans les pratiques actuelles de l'élevage porcin. Les mouvements de l'air occasionnés par cette ventilation permettent de modifier notablement les caractéristiques climatiques du local et par conséquent d'y maintenir un bon état sanitaire. Elle influe donc sur les conséquences économiques, en particulier le gain quotidien moyen accru, la diminution de l'indice de consommation, de la morbidité, de la mortalité, des affections respiratoires, des maladies métaboliques, qui sont essentielles pour la rentabilité des élevages modernes.

Mais elle sert avant tout à évacuer la vapeur d'eau, tout au moins en hiver. Généralement, les débits de ventilation qui assurent une humidité de

l'air intérieur dans des limites acceptables sont plus que suffisants pour assurer le maintien d'une composition chimique normale de l'air respiré par les animaux. Il faut ajouter qu'en été le rôle principal de la ventilation est à la fois d'abaisser la température à l'intérieur des bâtiments, mais surtout de rendre cette température plus supportable pour l'animal par l'intermédiaire de vitesses de l'air relativement élevées qui donnent aux porcs une plus grande sensation de confort ⁽¹³⁾.

Enfin, l'obligation majeure pour la ventilation est d'éviter la formation de courants d'air ou de zones mortes et les phénomènes de turbulence, en ventilant toutes les zones du local de façon aussi homogène et régulière que possible.

Ainsi, ce n'est qu'en respectant les principes généraux de la ventilation que nous allons maintenant envisager, que la ventilation et par suite l'ambiance idéale dans la porcherie sera réalisée.

* C H A P I T R E I I *
*

LES PRINCIPES DE LA VENTILATION
ET
LA METHODE DE CALCUL DU NIVEAU DE VENTILATION
DANS UN BATIMENT CLOS

Le niveau de ventilation est défini en fonction de normes à respecter concernant :

1. La composition atmosphérique du local, principalement la teneur en CO_2 ,
2. Le degré hygrométrique admissible,
3. La température désirée.

Le volume minimum d'air à renouveler pour assurer le maintien de ces normes n'est généralement pas le même dans les trois cas ; théoriquement, le niveau de ventilation retenu sera le plus élevé des trois niveaux possibles. Habituellement, il s'agit du volume d'air nécessaire pour maintenir un degré hygrométrique convenable, l'élimination de la vapeur d'eau exigeant le plus grand volume d'air de renouvellement. Mais par temps froid, un tel niveau de ventilation peut aboutir à l'élimination d'une grande quantité de chaleur et il est alors nécessaire de chauffer pour maintenir à la fois la température et le degré hygrométrique aux niveaux désirés. Dans bien des cas, la solution pratique retenue n'est pas toujours fondée sur un tel ajustement ; ainsi par temps froid, on constate dans beaucoup de porcheries que le volume de ventilation est relativement réduit pour maintenir une température ambiante satisfaisante, tout en acceptant un niveau hygrométrique relativement élevé. La méthode retenue dépend en fait des caractéristiques techniques de la porcherie ; ce n'est que dans le cas des bâtiments fermés et bien isolés qu'une régularisation simultanée de la température ambiante, de l'hygrométrie et du volume d'air renouvelé peut être réalisée par l'ensemble isolement-chauffage-ventilation ⁽¹⁰⁾.

1° - Evacuation du CO_2 et des autres gaz nocifs

Pour ajuster la ventilation sur les normes de composition atmosphérique du local, on se base généralement sur la teneur de l'air en CO_2 .

La quantité d'air frais à introduire par heure est :

$$Q \text{ (en m}^3\text{/h)} = \frac{Q_1 : \text{Quantité de gaz carbonique rejetée par heure par les animaux}}{Q_2 : \text{Quantité de } \text{CO}_2 \text{ enlevée chaque fois qu'un m}^3 \text{ d'air frais remplace un m}^3 \text{ d'air intérieur}}$$

La quantité de CO_2 rejetée par un porc de 80-100 kilos (pris comme

exemple) est fonction de son activité biologique, elle-même fonction de la température résultante (cf page 105). En tenant compte de la capacité thoracique d'un porc (0,7 litre) et du rythme respiratoire, il est possible de déduire la quantité d'air employée par heure.

Ex : A 17 °C , on obtient 17 (rythme respiratoire) × 60' × 0,7 = 714 litres.

En supposant que l'air expiré contient 4 % de CO₂ et qu'il est expiré sous forme saturée à la température de 39 °C, (l'air saturé à 39 °C contient environ 50,8 % de vapeur) ceci nous permet d'évaluer l'émission horaire par animal de 80 à 100 kilos (Tableau I) (5, 6, 10).

Tableau I

Température en °C	CO ₂ en g/h	Vapeur d'eau en g/h
15	28,5	36,2
20	67,2	85,3
25	134,4	170,7
30	235,7	298,7

Tableau II

Température intérieure (°C)	Volume d'air à renouveler par heure
15	28,5 : 3,15 = 9 m ³
20	67,2 : 3,15 = 21 m ³
25	134,4 : 3,15 = 43 m ³
30	235,7 : 3,15 = 75 m ³

La quantité Q₂ de CO₂ enlevée chaque fois qu'1 m³ d'air frais remplace 1m³ d'air intérieur est égale à la différence entre la teneur en gaz carbonique admissible dans la porcherie et la teneur en gaz carbonique de l'air extérieur. La teneur en CO₂ maximum admissible pour les porcs peut être estimée (comme chez l'homme) à 3,5 litres par m³.

La teneur en CO₂ de l'air extérieur varie peu et est voisine de 0,35 l par m³. Donc Q₂ = 3,50 - 0,35 = 3,15 litres/m³. Le renouvellement horaire par porc de 80-100 kilos pour éliminer le CO₂ est donc le suivant : Tableau II. En fait, ce niveau, théoriquement suffisant pour maintenir normale la composition atmosphérique, est minimum. Selon le système de ventilation retenue et surtout selon la conception générale des bâtiments, il convient de prévoir un niveau plus élevé. Le gaz carbonique est en effet un gaz lourd et l'existence de cloisons pleines entre les cases peut gêner son évacuation.

2° - Maintien du degré hygrométrique désiré (5, 6, 10).

Le problème se complique très sérieusement, compte-tenu des variations de teneur en humidité de l'air selon la température.

ΔW, l'humidité enlevée par m³ d'air éliminé, dépend de la teneur w

de l'air extérieur, elle-même fonction de la température. Deux estimations préalables sont nécessaires :

- a) L'appréciation de la quantité de vapeur d'eau associée à 1 kilo d'air sec intérieur ou extérieur.

En fonction des 4 valeurs suivantes : degrés hygrométriques admissible à l'intérieur et mesuré à l'extérieur et températures extérieure et intérieure, on lit sur une table la quantité de vapeur d'eau, en gramme, associée à 1 kilo d'air sec, intérieur ou extérieur, aux températures et degrés hygrométriques considérés.

- b) L'appréciation de la quantité de vapeur d'eau rejetée par les animaux par kilo d'air sec.

Il s'agit d'une donnée physiologique ; les valeurs habituelles retenues sont celles qu'on lit sur des tableaux en fonction du poids des animaux et de la température ambiante : tableau III (selon FOURNARAKI et ZERT) (5, 6). Selon SAINSBURY, on augmente cette quantité selon un pourcentage variable, de l'ordre de 25 % à 50 %, pour tenir compte de la vapeur d'eau provenant des déjections, de l'alimentation et des nettoyages.

La norme de ventilation est alors obtenue selon le même procédé que précédemment :

$$Q \text{ (kg/h)} = \frac{\text{Quantité horaire de vapeur d'eau rejetée par les animaux ou mieux au total.}}{\text{Quantité de vapeur d'eau enlevée chaque fois que 1 kilo d'air extérieur remplace 1 kilo d'air intérieur.}}$$

La quantité d'air de renouvellement est calculée d'abord en kilo car les quantités de vapeur d'eau de l'air intérieur et de l'air extérieur sont généralement données en gramme par kilo d'air sec. On transforme ensuite en m³ la valeur calculée en kilo en fonction du poids spécifique de l'air.

Après calculs, les normes moyennes généralement proposées sont les suivantes : Tableaux IV et V.

Tableau III

CATEGORIES DE PORCS	TEMPERATURE DU LOCAL		
	15°C	15°C - 25°C	25°C
Porcs adultes	75 - 100 g	100 - 150 g	150 - 200 g
Engrais : < 50 Kg	30 - 50 g	50 - 75 g	75 - 120 g
> 50 Kg	50 - 75 g	75 - 120 g	120 - 200 g
Truie et sa portée	150 - 200 g	200 - 300 g	300 - 500 g

Tableau IV

	TEMPERATURE INTERIEURE	ELIMINATION DE LA VAPEUR D'EAU		
			H R int.	H R ext.
VER	15°C	$\frac{36,2}{4,49} \neq 8 \text{ m}^3$	60 %	100 %
		$\frac{36,2}{7,09} \neq 5,1 \text{ m}^3$	80 %	
	20°C	$11,8 \text{ m}^3$	60 %	
		8 m^3	80 %	
E	25°C	74 m^3	80 %	70 %
	30°C	141 m^3	60 %	70 %
		83 m^3	80 %	90 %

Tableau V

	VENTILATION $\text{M}^3 / \text{H} / \text{PORC}$	
	HIVER	ETE
Porcs à l'engrais		
< 50 Kg	10 à 15	70
> 50 Kg	20 à 30	100 à 150
Reproducteurs adultes	50	200
Truie et sa portée	75	350

La ventilation nécessaire à l'obtention du degré hygrométrique désiré est , en général, très supérieure à celle qui est nécessaire pour éliminer les gaz toxiques. Cependant, l'élimination des gaz délétères dépend moins du nombre d'échanges que de l'efficacité du balayage des couches basses pour CO_2 et des couches hautes pour NH_3 .

En général, l'hygrométrie ne peut être maintenue et réglée que tant que

l'humidité relative extérieure est inférieure à l'humidité relative désirée à l'intérieur ; dans le cas contraire, on obtient une hygrométrie supérieure à l'humidité relative extérieure.

Si la teneur absolue en vapeur d'eau par kilo de l'air extérieur est supérieure à la teneur absolue en vapeur d'eau de l'air intérieur pour la température et l'hygrométrie désirée, tout réglage de l'humidité par la ventilation est impossible, sauf en utilisant la déshumidification.

Les quantités d'air à fournir représente une gamme très étendues (souvent entre 10 et 100 m³ / h par porc de 100 kg), et l'introduction de cet air va modifier la température.

3° - Régulation de la température (5, 6, 10).

L'objectif étant alors d'éliminer une chaleur résiduelle, le niveau de ventilation nécessaire pour maintenir la température du local au niveau désiré pourrait aussi être calculé. En divisant la quantité de chaleur provenant de la différence entre l'apport de chaleur animale et les déperditions par les parois du local par la différence d'enthalpie entre l'air intérieur et l'air extérieur, on obtient la quantité d'air maximum à admettre pour maintenir un bilan thermique nul. Dans la pratique, on constate que le niveau de ventilation nécessaire pour maintenir l'hygrométrie ambiante au niveau désiré est généralement supérieur à celui exigé pour le maintien de la température. On se contente donc de définir un niveau minimum de ventilation destiné à assurer le degré hygrométrique recherché et si la température est alors excessive, (périodes chaudes ou bâtiments très bien isolés) on augmente progressivement le débit des ventilateurs.

Ainsi, la quantité d'air Q à admettre est donc obligatoirement choisie en fonction du CO₂ ou de l'hygrométrie, en choisissant la valeur supérieure. En multipliant cette quantité Q par la différence d'enthalpie ΔE entre l'air extérieur et intérieur, on obtient les apports ou les pertes par ventilation :

$$Q_v = Q \times \Delta E$$

En calculant le bilan thermique : $Q_v + Q_t = Q_A + Q_x$, on obtient un chiffre positif ou négatif, c'est-à-dire qu'il y a réchauffement ou refroidissement de l'ambiance.

$$Q_x = Q_v + Q_t - Q_A$$

Q_t = Quantité de chaleur perdue ou gagnée par transmission thermique à travers les parois.

Q_A = Quantité de chaleur sensible dégagée par l'ensemble des animaux - (Selon des normes).

Q_x = Quantité de chaleur à apporter par chauffage ou à éliminer par refroidissement par ventilateur spécial ou par humidification au niveau des ventilateurs ou par humidification du local (5, 6, 10, 30).

Lorsque la température extérieure est supérieure à la température intérieure, la ventilation assure un réchauffement du local au lieu de le rafraîchir. Si à défaut de pouvoir installer un système sophistiqué de climatisation de l'air, surtout à cause du coût trop onéreux de cette solution, le seul moyen que l'on a d'améliorer l'ambiance est :

- d'accroître les échanges horaires, car le porc est plus sensible à une atmosphère chaude stagnante,
- et simultanément, d'humidifier l'atmosphère par introduction d'air sur un filtre humidifié ou par lavage de la porcherie. La partie excessive des calories est alors utilisée pour évaporer l'eau ainsi apportée. L'élévation des pertes thermiques sous forme de chaleur d'évaporation et l'accroissement de la vitesse de l'air à l'intérieur du local jouent alors un rôle déterminant dans la sensation de confort thermique.

Au contraire, par temps froid, le niveau minimum de ventilation défini en fonction des exigences hygrométriques peut être tel qu'il aboutisse à une perte importante de chaleur et à une chute de la température ambiante. Il est alors nécessaire de chauffer pour maintenir la température et l'hygrométrie aux niveaux désirés, plutôt que de réduire la ventilation aux dépens de l'hygrométrie. On note ici toute l'importance d'une bonne isolation qui permet un chauffage pour un coût minime.

4° - Normes générales de ventilation pouvant être proposées.

Les normes pratiques habituellement retenues seront mentionnées plus en détails dans l'étude particulière consacrée aux différentes catégories de porcs. Cependant il convient d'insister sur le caractère relatif de telles normes qui

dépendent, non seulement des animaux et des températures extérieure et intérieure, mais aussi des caractéristiques générales du bâtiment : isolation thermique, système d'évacuation des déjections, etc... (10).

Lors de la conception d'un logement fermé et de son équipement en ventilateurs, il sera indispensable de définir le volume maximum de renouvellement d'air nécessaire pour faire face à diverses situations possibles tout en conservant une marge importante de sécurité en ce qui concerne le fonctionnement des ventilateurs.

Le volume d'air à admettre s'étend sur une plage très large de 10 à 150-200 m³ / heure environ. Si l'on rapporte cette quantité au volume alloué par occupant de l'enceinte, on obtient le taux de renouvellement horaire :
Tableau VI. (5)

Volume par occupant	3 m ³	5 m ³	10 m ³
Introduction minimale 15 m ³ / h	5	3	1,5
Introduction maximale 200 m ³ / h	66	40	20

En observant ces chiffres, une question vient à l'esprit : Faut-il choisir un local à volume restreint ou au contraire un local à grand volume ?

A première vue, il ne semble pas qu'une solution soit préférable à l'autre, le volume introduit étant le même pour le maintien des caractéristiques intérieures, la quantité de chaleur nécessaire pour réchauffer l'air neuf sera identique. Cependant, la surface des parois est inférieure dans un local de petit volume, ce qui réduit autant les déperditions (fonction des surfaces) que les apports thermiques (fonction des volumes).

Mais, du fait du nombre élevé de renouvellement par heure, l'ambiance intérieure d'un local de petit volume est rapidement affectée par toute variation de l'air extérieur. En outre, les vitesses d'air risquent d'atteindre des limites inacceptables. Par contre, dans le cas du local à grand volume, la masse d'air joue le rôle d'un volant. Il faut aussi remarquer à l'avantage de cette conception, d'une part l'effet de dilution de l'air expiré dans la masse de l'air du local ; d'autre part, le nombre réduit de renouvellements met l'ambiance intérieure à l'abri des variations brusques de l'air extérieur (5).

* C H A P I T R E I I I *
*

LES TECHNIQUES DE VENTILATION

Elles sont au nombre de deux :

- la ventilation statique ou naturelle,
- la ventilation dite dynamique ou ventilation forcée, appelée aussi ventilation mécanique.

Il faut cependant remarquer que chacune de ces techniques peut faire l'objet d'une très grande diversité de conception, en particulier le système mixte dépression-surpression.

.....
: A - LA VENTILATION STATIQUE :
: (5, 6, 10, 13, 28, 29) :
.....

I - GENERALITES - DEFINITION ET PRINCIPES

La ventilation dite statique ou naturelle se traduit par une circulation de l'air ne faisant pas appel à des sources d'énergie artificielle. Elle est basée sur deux principes différents : la différence de pression et la différence de densité.

Elle se fonde sur une circulation non forcée de l'air dans les bâtiments, avec, au maximum, l'utilisation de systèmes de réglage à commande manuelle. C'est le système le plus simple et le plus économique. S'il est bien réalisé, il peut donner satisfaction dans un certain nombre de cas, notamment pour les porcs à l'engrais. Un certain nombre d'idées préconçues sont à écarter, comme celle que lorsqu'il n'y a pas de vent, le système ne peut pas fonctionner. Car la ventilation naturelle comportant deux aspects, le mouvement de l'air est toujours rendu possible grâce :

- aux différences de pression nées de la différence de température entre deux milieux différents, intérieur et extérieur, et, entre le haut et le bas du bâtiment.
- aux différences de pression existant entre les différentes faces d'un même bâtiment du fait de l'action du vent.

Bien entendu, dans la pratique, ces deux sortes de ventilation existent ensemble et se complètent plus ou moins ; elles peuvent d'ailleurs aussi se contrarier (5, 6, 10, 13).

II - LA VENTILATION STATIQUE HORIZONTALE

Le principe de ce système est basé sur la différence de pression qui se crée, entre les deux faces d'un bâtiment soit :

- sous l'action des masses d'air en mouvement par le vent (surpression du côté face aux vents, dépression du côté sous le vent),
- du fait de la différence de densité de l'air en fonction de sa température, entre la face ensoleillée et celle qui est à l'ombre.

Sous l'action du vent, il se crée en amont de l'enceinte une zone de haute pression, en aval les filets d'air défectés par l'enceinte se rejoignent à une certaine distance, entraînant par viscosité l'air situé à proximité de la paroi, y créant une zone de basse pression (Fig. 1). L'air pénétrant par une ouverture située sur la paroi de la zone de haute pression possède une certaine inertie ; les filets d'air ont tendance à garder la direction qui leur est donnée par la répartition des pressions en amont et de la forme des orifices d'entrée, avant de s'incurver vers l'orifice de sortie (Fig. 2) (5, 6, 10).

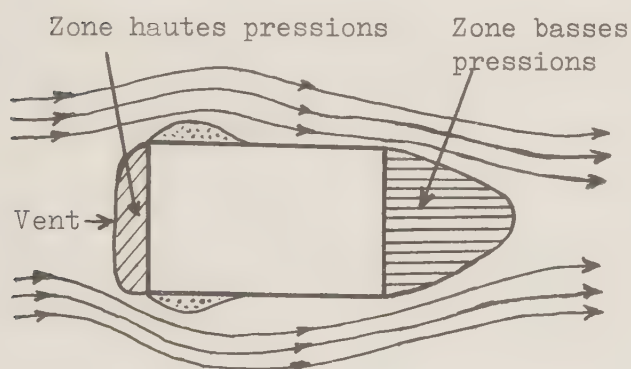


Fig. 1

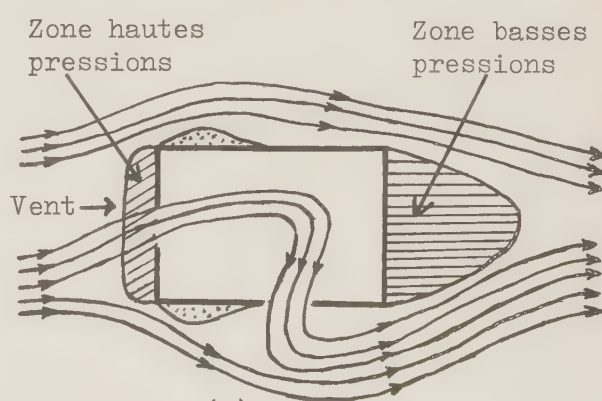


Fig. 2

Vues en plan (d'après Reed) (5)

La répartition des pressions de part et d'autre de l'ouverture conditionne la direction des filets d'air sur l'horizontale (Fig. 3 et 3 bis).

A- L'ouverture étant située au centre de la paroi, les pressions sont égales de part et d'autre. Les filets d'air pénètrent dans le local en suivant une direction médiane.

B- L'ouverture est placée assymétriquement. Sur un côté de l'ouverture, la pression est plus importante que sur l'autre ; les filets d'air sont défectés dans le sens opposé au côté où la pression est plus élevée.

PLAN HORIZONTAL

(5)

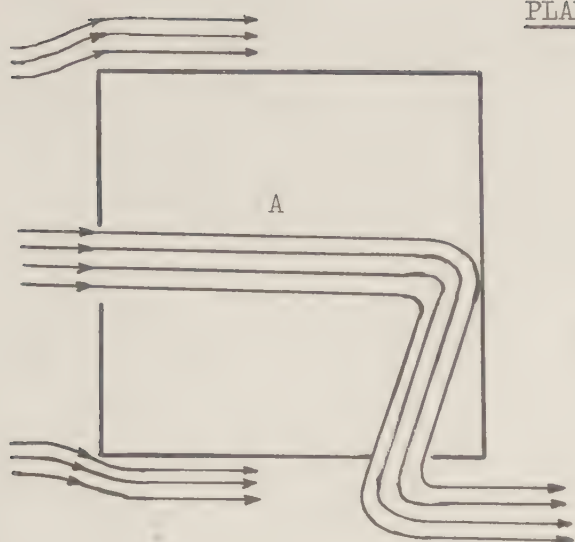
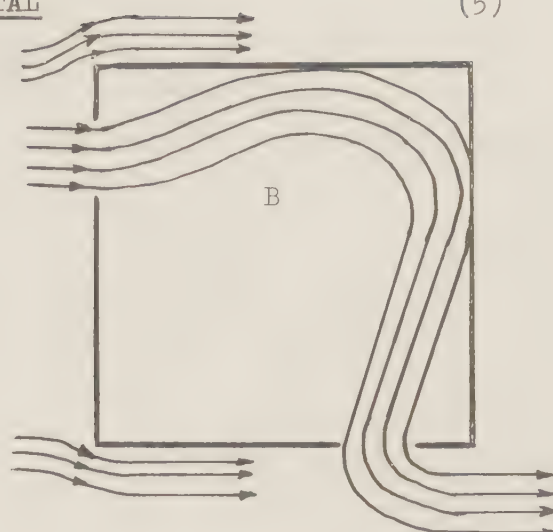


Fig. 3



Basse
pression

PLAN VERTICAL

Haute
pression

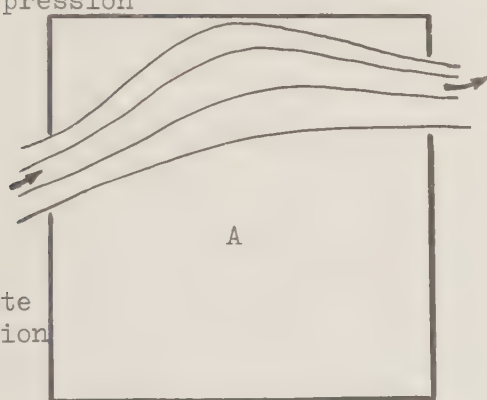
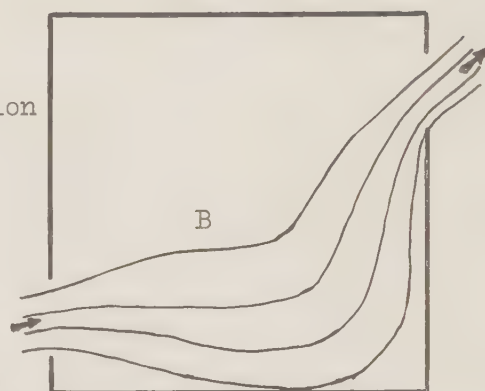


Fig. 3 bis

Haute
pression

Basse
pression



D'autre part, les filets d'air peuvent être dirigés dans le bâtiment en employant sur l'ouverture un système de lames orientables (Fig. 4).

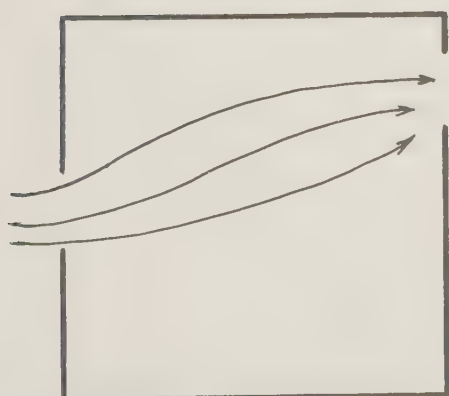
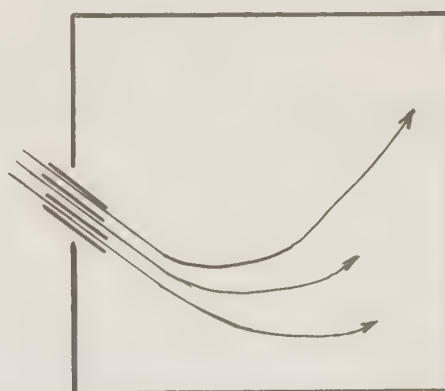
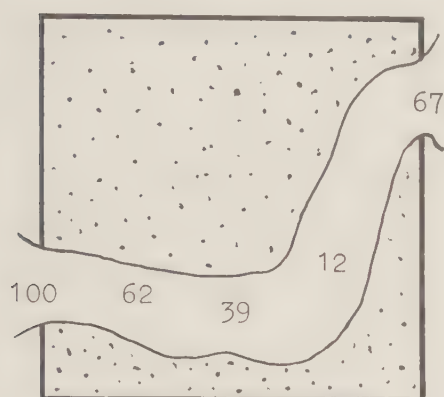


Fig. 4



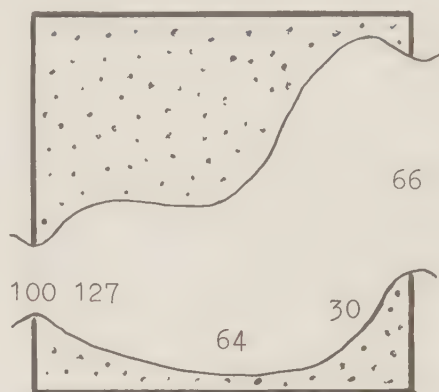
PLAN VERTICAL

Par ailleurs, la vitesse intérieure de l'air est conditionnée par le rapport des dimensions des orifices d'entrée et de sortie (Fig. 5). De même, toute modification du trajet de l'air tant sur l'horizontale que sur la verticale entraîne une diminution de sa vitesse ⁽⁵⁾.



Grande proportion du local non ventilé

Fig. 5



Cas plus favorable

(Les chiffres indiquent la vitesse en pourcentage de la vitesse d'entrée).

La présence d'obstacles extérieurs à proximité du local (arbres, haies, constructions) peuvent modifier l'écoulement normal des filets d'air (Fig. 6, 7, 8) et créer des zones de hautes ou basses pressions différentes de celles qui se présenteraient normalement en leur absence et ainsi rendre le système de ventilation défectueux.

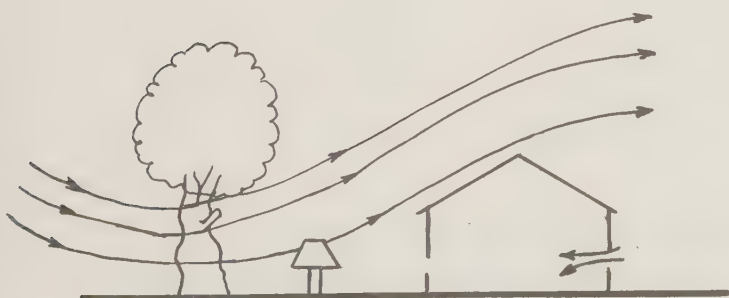


Fig. 6



Fig. 7

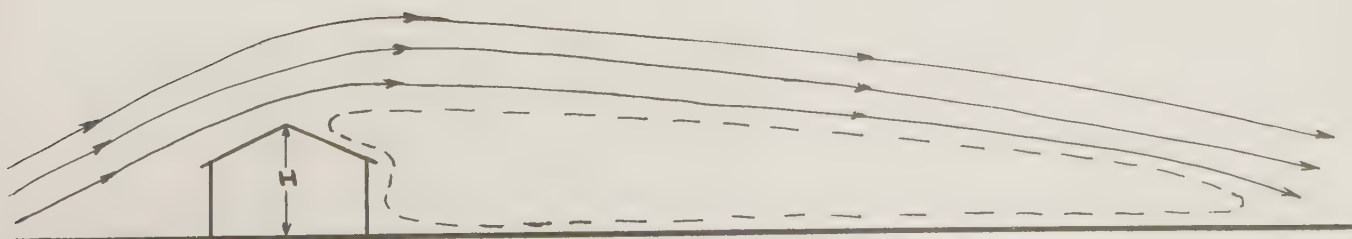


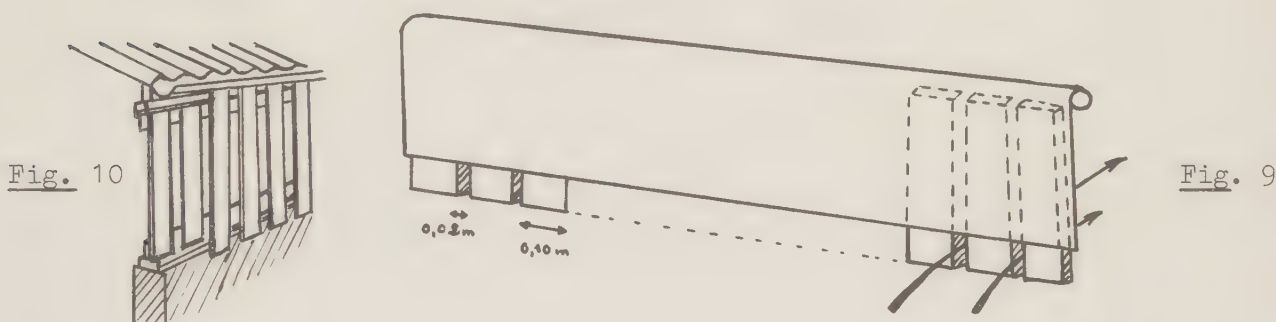
Fig. 8

← 7 à 8 H →

Les mouvements et les vitesses de l'air à l'intérieur du local peuvent donc varier considérablement en fonction de nombreux paramètres.

Les orifices, pour cette circulation de l'air d'une face à l'autre du bâtiment, peuvent être simplement des claies de ventilation ou des rideaux, ou mieux des fenêtres ou des drains d'admission et d'évacuation, avec plusieurs variétés.

1° - Les claies de ventilation peuvent être installées sur les longs pans avec possibilité de les aménager pour l'hiver à l'aide d'une feuille de polyéthylène (Fig. 9) ou d'une toile en matière plastique ⁽²⁹⁾.



Ces bardages à claire-voie sont des planches non jointives disposées verticalement. Ils assurent à la fois un rôle de ventilation et d'éclairage. En réalisant ce bardage en deux parties (Fig. 10), dont un mobile, cela donne une deuxième possibilité de réglage, mais en augmente évidemment le coût. Les vides doivent en général représenter $1/5$ à $1/6$ des parties pleines. Ce type de bardage est plutôt à déconseiller dans les zones à fort enneigement, la neige pouvant s'accumuler sur les aires de couchage.

Quant aux filets brise-vents dont l'utilisation peut être envisagée de la même façon, ils présentent un inconvénient important : ils peuvent provoquer un véritable brouillard dans le bâtiment lorsque du vent succède à de la pluie. Par ailleurs, ces systèmes, y compris celui des rideaux, se rapprochent fortement du système semi-plein-air que nous n'envisageons pas dans cette étude.

2° - Les rideaux latéraux remplacent assez souvent les classiques châssis, tout au moins dans les régions tempérées. Leur utilisation est en effet beaucoup plus souple et leur installation beaucoup moins coûteuse. Ils peuvent être placés sur une ou sur les deux façades opposées. Ils sont souvent constitués par des toiles amovibles en tissu ou en matière plastique.

3° - Les fenêtres ou châssis vitrés.

Ils peuvent être basculants (Fig. 11) ou constitués d'une vitre fixe avec à la base un volet de ventilation mobile et réglable servant à la fois de déflecteur d'entrée ou de sortie d'air (Fig. 12).

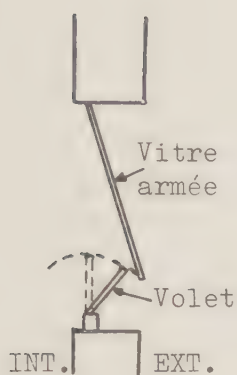


Fig. 12

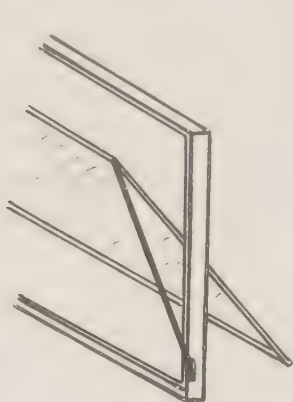
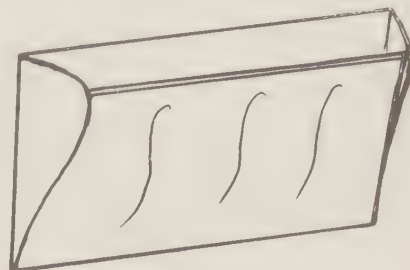


Fig. 11



Ce dernier système est à recommander, du fait de sa simplicité, de son efficacité et de l'absence de toute partie mobile mécanique nécessitant un entretien.

De façon générale, la ventilation par châssis a l'inconvénient, par rapport aux autres systèmes, d'être discontinue donc moins homogène. De plus au niveau des châssis, les déperditions thermiques sont très élevées ^(13, 10).

- Les bardages en plaques ondulées translucides et les volets d'aération sous sablières peuvent être considérés comme des systèmes proches des châssis.

* Les plaques ondulées translucides permettent de réaliser, de façon économique, la partie d'une paroi de bâtiment. Ce matériau sert de moyen d'éclairage et de ventilation grâce aux espaces entre les ondes qui permettent la circulation de l'air, tout en limitant, en toute occasion, les vitesses d'air à l'intérieur du bâtiment. Ce système (Fig. 13) ne comporte pas non plus de parties métalliques mobiles et permet par ailleurs que l'eau de condensation, s'il y en a, s'évacue à l'extérieur du bâtiment. Il faut ajouter que la prise d'air est relativement basse par rapport à d'autres systèmes, ce qui est un facteur favorable à une bonne ventilation. Naturellement, cette technique ne permet guère, comme les précédentes, de régler les arrivées d'air à ce niveau ; cependant, il existe dans le commerce des mousses plastiques ayant la forme des ondes et permettant par conséquent de combler celles-ci lorsqu'on le désire. Mais cette dif-

ficulté de réglage est plutôt un avantage qu'un inconvénient en ce sens que beaucoup d'éleveurs ont instinctivement tendance, lorsqu'il fait froid, à fermer tant qu'ils peuvent leurs bâtiments, ce qui entraîne une saturation de l'air en vapeur d'eau, des condensations et de mauvaises conditions sanitaires. (13)

* Les volets d'aération sous sablière (Fig 14) sont simplement des volets mobiles, la plupart du temps autour d'un axe horizontal, disposés au-dessus des parois longitudinales sous la panne sablière. Ils sont le plus souvent en bois ou en contre-plaqué. Les arrivées étant relativement hautes, ceci est défavorable à la fois pour les débits d'air et pour l'homogénéité du renouvellement d'air dans toutes les parties du bâtiment et surtout au niveau du sol où respirent les animaux ; par contre, l'air arrive moins directement sur les animaux.

Il existe des systèmes de réglage automatique de l'inclinaison de ces volets, selon la température à l'intérieur du bâtiment, à l'aide de petits vérins.

Il peut être aussi intéressant de permettre un réglage automatique d'ouverture selon la vitesse du vent, selon le principe représenté sur la figure 15 (13)

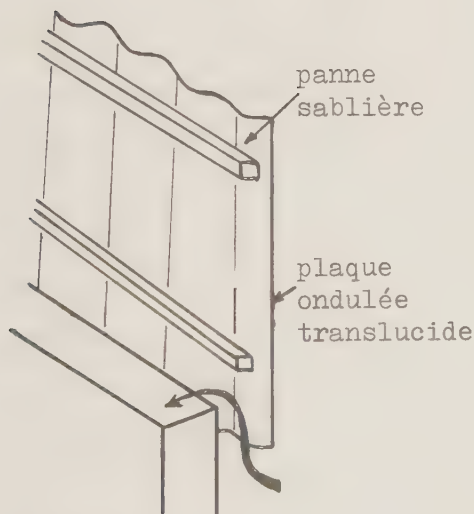


Fig. 13

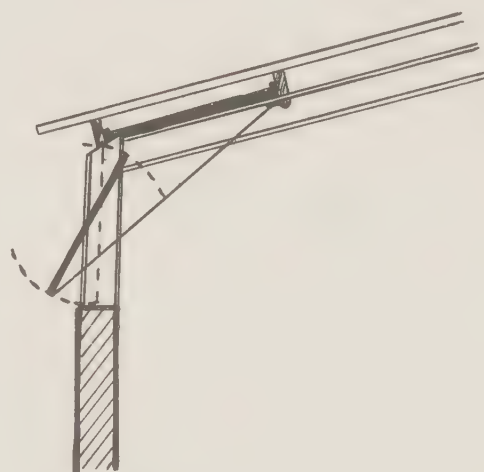


Fig. 14

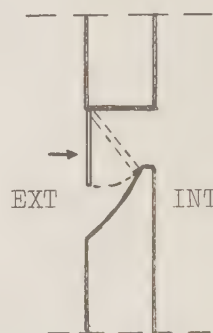


Fig. 15

4° - Les drains

Ils peuvent aussi être utilisés. Ils sont parfois munis d'un volet de réglage et leur diamètre se situe entre 10 et 15cm. En général, ils sont situés en position haute pour la sortie et en position basse pour l'entrée d'air. Parfois leur position est uniquement haute pour éviter un refroidissement localisé. Le nombre d'ouvertures est fonction du nombre de porcs, en moyenne une ouverture pour 4 à 5 porcs. A propos de ce système plus particulièrement, il est important de no-

ter que les filets d'air sous l'action du vent ne sont pas parallèles à l'horizontale, mais font avec celle-ci un angle positif de 11 degrés. Cet angle doit être respecté lors de la mise en place des drains (Fig. 16 et 17) ; de plus, grâce à cette pente, les condensations éventuelles peuvent être évacuées vers l'extérieur (6, 10).

Fig. 16

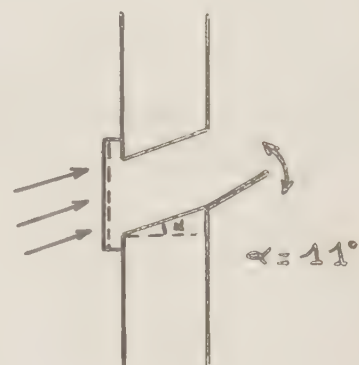
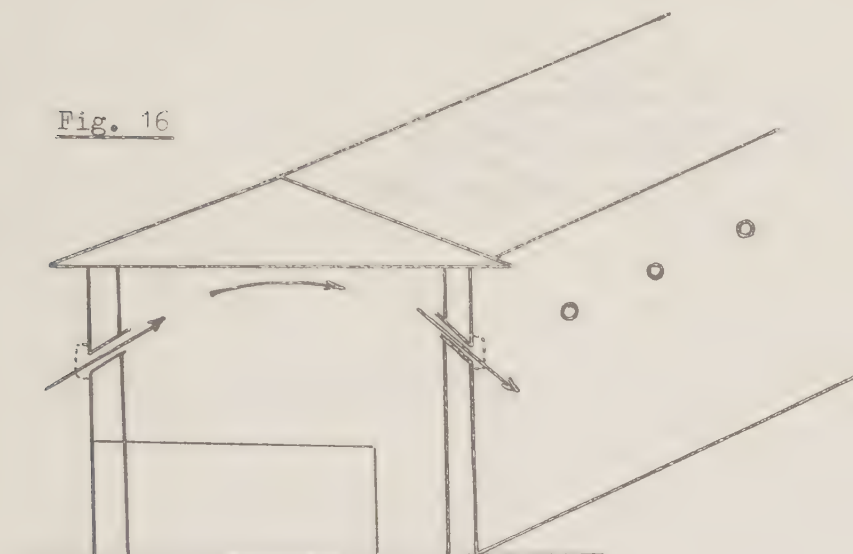


Fig. 17

D'autre part, pour les drains comme pour les volets d'aération sous sablière, afin d'éviter des perturbations dans le fonctionnement de la ventilation, il est possible d'installer un baffle régulateur des entrées d'air (Fig. 18). Ces baffles peuvent être réalisés en plaques d'amiante-ciment ou en tôle et parfois même associés à des grillages de protection (29).

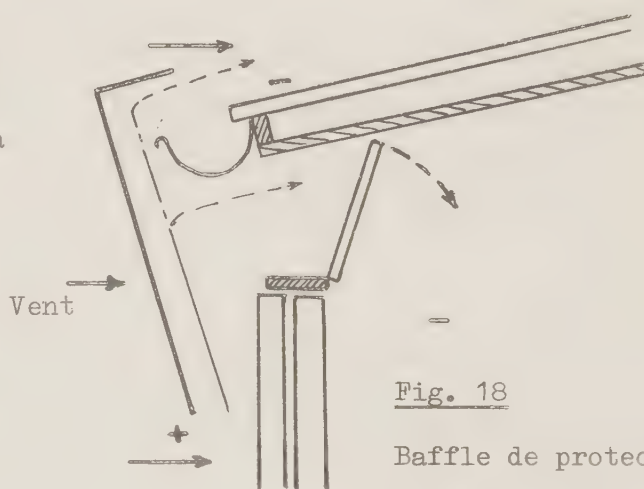


Fig. 18

Baffle de protection d'entrée d'air

Il faut aussi remarquer que, entre l'ouverture du drain et le plafond, il doit y avoir une distance d'environ 70 cm et que couramment, les drains sont disposés dans les murs longitudinaux à une hauteur de 150 à 170 cm (6).

5° - Avantages et inconvénients de la ventilation statique horizontale.

Ce système est facile à mettre en place, peu coûteux et fonctionne de manière réversible suivant le sens des différences de pression. Ce système de ventilation donne de bons résultats dans des bâtiments anciens et de faible largeur : 4 à 5 mètres. Il est à déconseiller, lorsque le bâtiment à ventiler n'est pas isolé

ou n'est pas bien séparé des autres bâtiments (perturbations des courants par suite des écrans formés par les autres constructions). Mais l'inconvénient principal est qu'il oblige une surveillance continue et des interventions fréquentes et nécessaires pour régler les débits. Son caractère aléatoire semble aussi important, car la ventilation s'établit surtout en partie haute et le balayage du sol est ainsi peu efficace. De plus, il entraîne un refroidissement notable pour un renouvellement d'air relativement limité (6, 10).

Néanmoins, des aménagements autorisant cette ventilation statique peuvent éventuellement constituer un système de sécurité dans un bâtiment clos, équipé par ailleurs en ventilation dynamique (en cas de panne d'électricité ou du système d'alarme) (10).

III - LA VENTILATION STATIQUE VERTICALE (2, 4, 5, 6, 7, 10, 13, 21, 28)

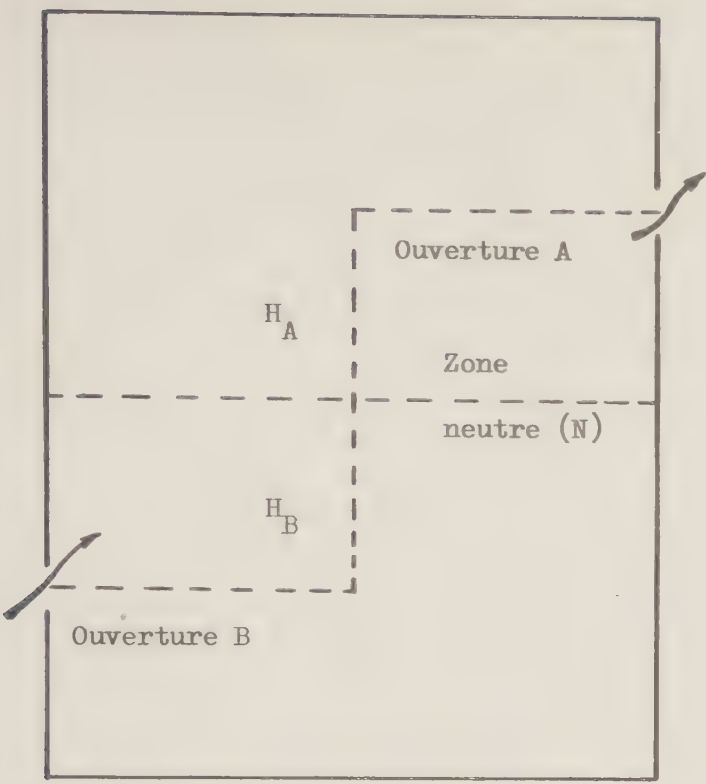
Ce procédé exploite principalement l'effet de tirage lié aux différences de température qui s'établissent dans l'air à différentes hauteurs dans les bâtiments fermés. La densité d'un gaz est fonction de sa température ; plus celle-ci est basse, plus la densité est élevée. Cette différence de densité provoque dans une enceinte des zones de pression différentes. Cette différence de pression fournit un effet moteur qui, en présence d'ouvertures adéquates, induit des mouvements d'air, principalement du bas vers le haut. Cet effet moteur est aussi nommé effet de cheminée et se mesure comme une pression généralement exprimée en mm de colonne d'eau.

A l'intérieur d'un même local, l'air chaud, plus léger, s'élève et s'accumule au plafond en y créant une zone de surpression, tandis qu'au sol s'établit une zone dépressionnaire. Par un orifice A créé en partie haute du local (Fig. 19), l'air est alors évacué à l'extérieur par la pression intérieure. Au contraire, par l'ouverture B placée en partie basse, il y a entrée dans le local d'air extérieur moins chaud. Ce phénomène est aussi appelé effet de tirage. Si les orifices sont situés au niveau de la zone neutre (N), il n'y a pas de mouvements d'air.

Si l'on garde les ouvertures A et B de sections S_A et S_B , la zone neutre se trouve à des distances h_A et h_B inversement proportionnelles au carré des surfaces de ces ouvertures, soit :

$$\frac{S_A^2}{S_B^2} = \frac{h_B}{h_A}$$

Fig. 19



On peut donc faire varier le niveau de la zone neutre en faisant varier le rapport des ouvertures basses et hautes. Si l'orifice bas augmente, la zone neutre s'abaisse et vice-versa.

Si $S_A = 1 \text{ m}^2$; $S_B = 1 \text{ m}^2$;
 $h_A + h_B = 5 \text{ m}$, $\frac{1^2}{1^2} = 1 = \frac{h_B}{h_A}$,
c'est-à-dire $h_A = h_B$. La zone neutre se trouve à même distance des orifices.

La différence de pression p (effet moteur) peut se calculer suivant l'expression ci-après :
 p (mm colonne d'eau) =

$4,2 \times 10^{-3} \times h \times \Delta t$, h étant la différence en mètres entre les deux ouvertures et $\Delta t = t_i - t_e$ où t_i est la température intérieure et t_e la température extérieure.

La pression p étant fonction de la hauteur h et de la différence de température Δt , ceci explique le mauvais fonctionnement des installations de ce type en mi-saison et en été où l'on observe souvent des renversements du circuit, et la nécessité de cheminées de hauteur importante. Le débit en $\text{m}^3 / \text{heure}$ est donné par l'expression :

$$Q = 400 S \times c \times \sqrt{h \times \Delta t},$$

- où S = Surface totale d'entrée d'air en m^2 ,
- c = Coefficient en fonction de $\frac{\text{Surface Sorties}}{\text{Surface Entrées}}$ (Tableau VII),
- Δt = Différence de température en $^\circ\text{C}$ entre la température intérieure et la température extérieure.

Surf. Sorties Surf. Entrées	c
0,25	0,34
0,50	0,63
1	1,00
2	1,26

Tableau VII

La section S des orifices d'entrées ou de sorties se calcule suivant l'expression :
 $S (\text{m}^2) = \frac{Q (\text{m}^3 / \text{h})}{v (\text{m} / \text{s}) \times 3600}$

La vitesse v dans le conduit se calcule d'après l'expression :

$$v \text{ (m / s)} = 0,35 \sqrt{\frac{2g \times h \times \Delta t}{T_{\text{ext}}}} \quad \text{où } \Delta t = t_i - t_e$$

$T_{\text{ext.}}$ = température absolue externe = $t_e + 273$,

g = attraction terrestre = 9,81,

ce qui permet, connaissant la section, de déterminer le débit (5).

Sur le plan pratique, l'entrée et la sortie de l'air peuvent être situées sur la même face du bâtiment (Fig. 20) ou sur 2 faces distinctes (Fig. 21), l'effet du tirage peut alors être accentué par la différence de température entre les 2 faces (ensoleillées différemment) (10).

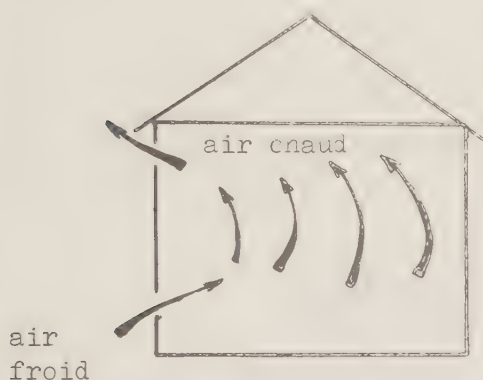


Fig. 20

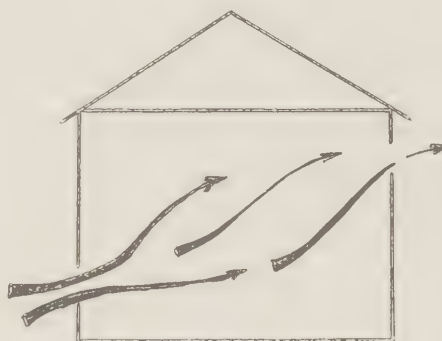


Fig. 21

Cependant, l'air chaud montant à partir des animaux qui peuvent être considérés comme des installations de chauffage, il apparaît nécessaire qu'il y ait des ouvertures dans la toiture des bâtiments, de préférence en faîtage. Il semble que ce type de ventilation puisse donner plus satisfaction, surtout si le bâtiment est de largeur considérable (plus de 10 m) et si le site est assez peu venté.

Les ouvertures en toitures et les cheminées d'extraction sont les deux modalités les plus répandues fonctionnant en ventilation statique verticale.

a) Les ouvertures en toitures.

Elles sont plus précisément en faîtage, sous forme de lanterneaux ou simplement de faîtières. Il en existe de nombreuses variétés plus ou moins bien adaptées (Fig. 22 à Fig. 36 incluses). La formule la moins coûteuse est la simple faîtière ouverte sur toute sa longueur et sur une largeur de quelques centimètres (Fig. 22). Un chapeau peut y être ajouté.

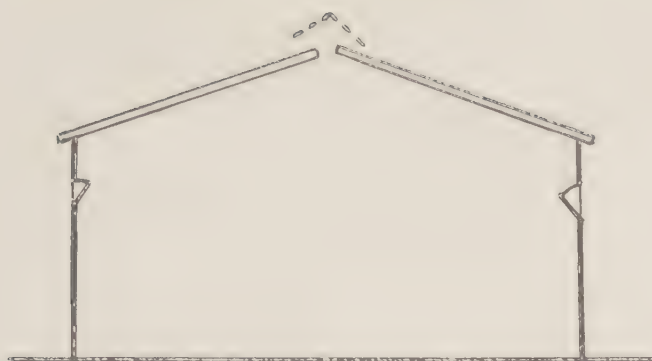


Fig. 22

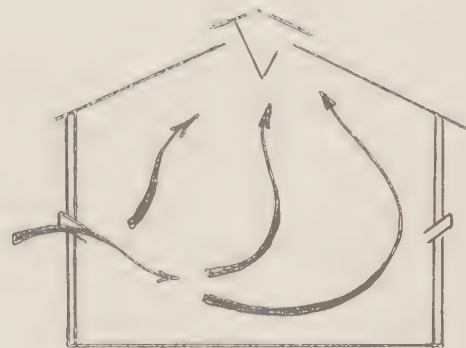


Fig. 23

Dans ce système, l'air frais entre par des ouvertures réglables ou non, continues ou discontinues, pratiquées tout au long des deux murs longitudinaux opposés du bâtiment (Fig. 23). L'air vicié est évacué par l'ouverture sous faîtage, soit sur toute la longueur de celui-ci, soit sur une partie de cette longueur. Le faîtage ouvert peut être équipé ou non d'un système de réglage de la largeur d'ouverture et de direction des filets d'air en fonction du vent permettant le réglage de l'évacuation de l'air vicié (Figures 24, 25, 26) (2, 5, 10, 13, 28).

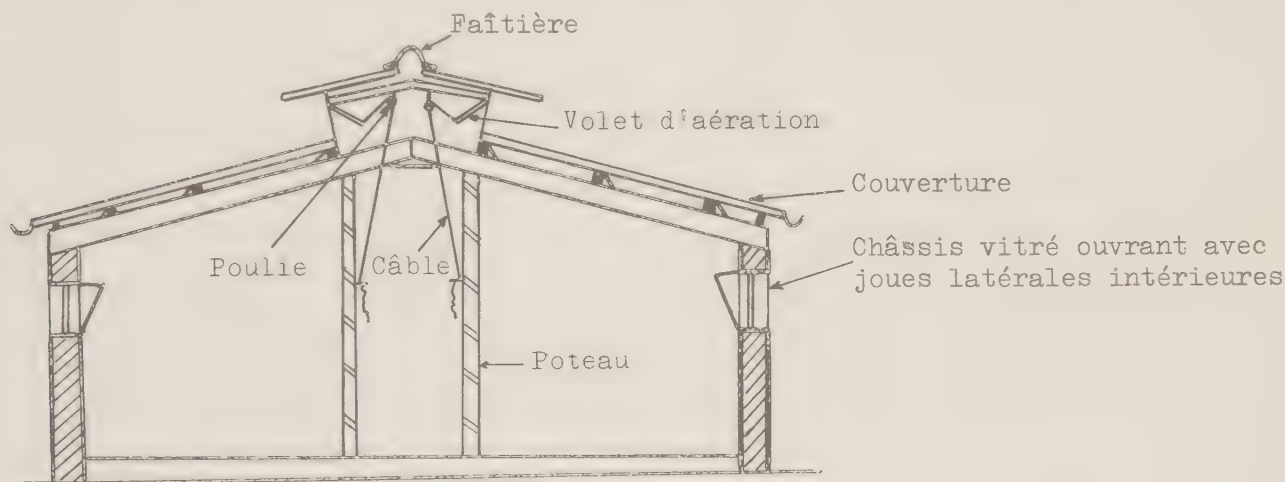


Fig. 24 (5)

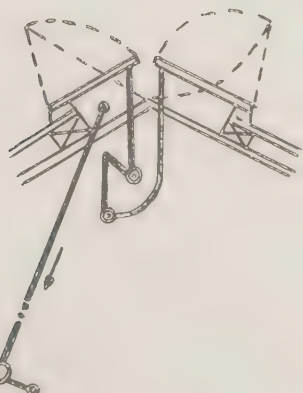


Fig. 25 (28)

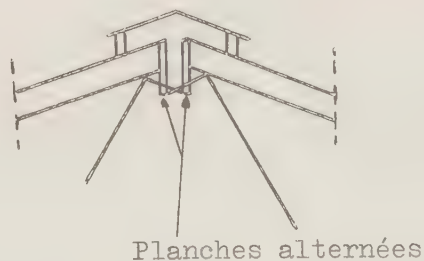
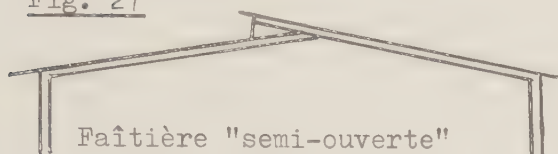


Fig. 26 (13)

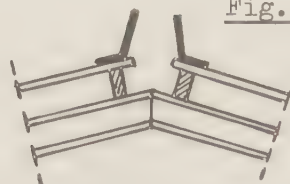
D'autres modèles possibles : figures 27, 28, 29 et 30.

Fig. 27 (13)



Faîtière "semi-ouverte"

Fig. 28 (13)

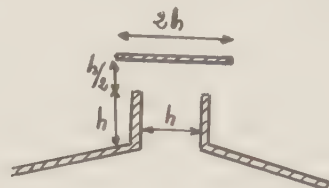


Faîtière ouverte avec déflecteurs



Lanterneau avec joues latérales

Fig. 29 (28)



Cheminée de faîtière

Fig. 30 (13)

Il faut remarquer que ces ouvertures sous faîtage sont maintenant plus fréquentes en bâtiments d'élevage que les cheminées (sauf s'il y a ventilation dynamique), car elles présentent un certain nombre d'avantages : elles sont moins coûteuses généralement et assurent une répartition relativement plus uniforme des circuits d'air dans le bâtiment (13).

Des études sur maquettes ont été effectuées pour connaître le fonctionnement de ces lanterneaux. Ces travaux donnent les résultats suivants (28) : le schéma (fig. 31) montre que l'air de la zone b est pratiquement à pression neutre et comme la zone a est en surpression, l'air est expulsé. Si la zone a était en dépression, l'air de la zone b ainsi que la pluie pourraient pénétrer facilement.

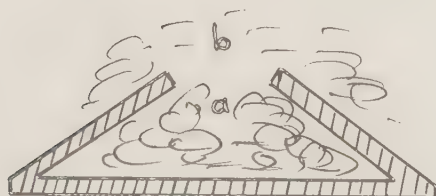


Fig. 31

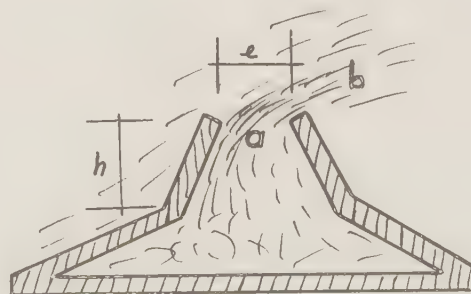


Fig. 32

Sur le schéma (fig. 32) lorsque la largeur d'évacuation e est inférieure à 1,5 fois la hauteur h , on constate une dépression et l'air de la zone a est aspiré vers l'extérieur. Si la largeur de e est 4 fois plus importante que la hauteur, l'effet produit est similaire à celui de la figure 31 où la hauteur est égale à zéro. La présence d'une couverture de la fente (fig. 33 et 34) accroît

les turbulences en c et on constate éventuellement des entrées d'air dans la zone a lorsqu'elle est neutre.

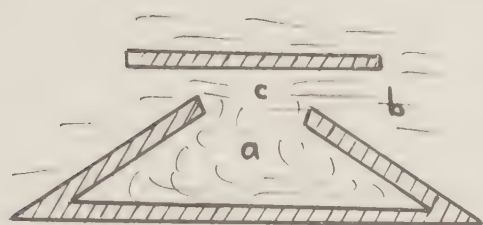


Fig. 33

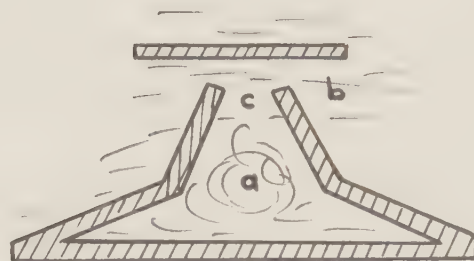


Fig. 34

Il n'apparaît donc pas que la couverture de la fente de ventilation empêche la neige de pénétrer dans le bâtiment et que la ventilation se trouve améliorée. Contrairement à ce que l'on pense souvent, la pratique montre que l'eau de pluie ou la neige ne pénètrent que peu ou pas par la fente de ventilation. Cela est dû aux mouvements ascendants de l'air chaud à travers cette ouverture en faitage.

Cependant, il ne faut pas nier que l'eau de ruissellement peut pénétrer dans l'isolant de sous-toiture. Il convient donc d'adapter un dispositif permettant de diriger les gouttes ou les filets d'eau à l'extérieur avant qu'ils n'atteignent l'intérieur du bâtiment (Fig. 35 et 36). Cette précaution est indispensable (28).

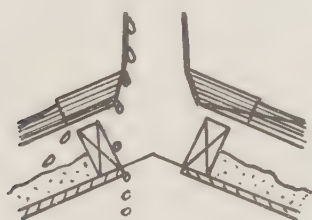


Fig. 35

Pénétration de l'eau dans le bâtiment et dans l'isolant de sa toiture

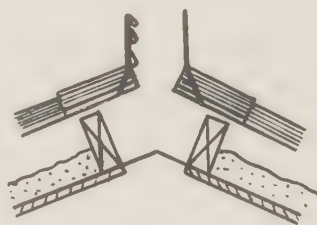


Fig. 36

Dispositif pour évacuer l'eau à l'extérieur

Par ailleurs, les réglages des lanterneaux sont relativement difficiles et donc coûteux à réaliser. De plus, ils nécessitent un certain entretien et leur fonctionnement ne peut la plupart du temps se commander à partir d'un seul endroit. Bien qu'étant largement conseillé, ce réglage n'est donc pas une nécessité absolue, sauf lorsque le bâtiment est chauffé. Sans contester l'intérêt possible et même certain, dans certains cas, de ce type de réglage, s'ajoutant éventuellement à un réglage des ouvertures latérales, il semble cependant que si l'on veut absolument régler les débits d'air, il faut en priorité s'intéresser à la mobilité des ouvertures latérales, plus commodes et moins coûteuses à réaliser (13).

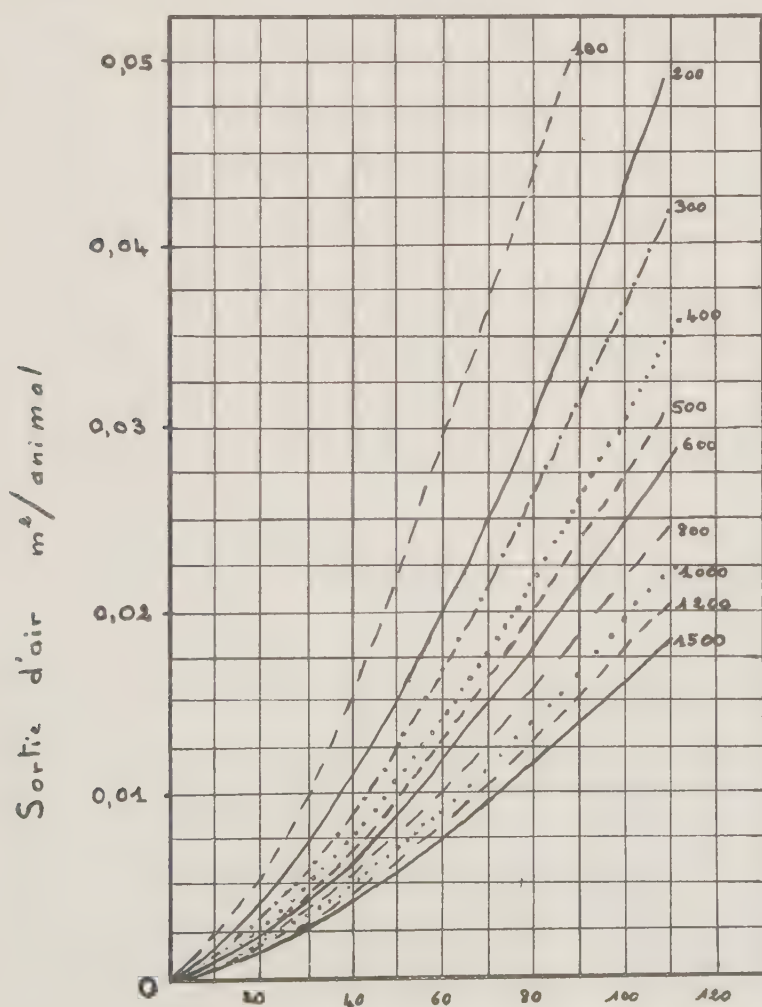
En ce qui concerne les dimensions des surfaces d'entrée et de sortie d'air, elles doivent respecter les règles suivantes :

- d'une part, les orifices latéraux d'entrée d'air doivent être, (au moins potentiellement si ces entrées sont réglables), égaux en surface, de chaque côté du bâtiment, à ceux des sorties d'air en faîtage. Autrement dit, la surface totale des orifices latéraux doit être le double de celle des orifices en faîtage ;

- d'autre part, les dimensions des ouvertures doivent être calculées en fonction des 3 paramètres suivants :

- . la production de chaleur des animaux utilisée pour le réchauffage de l'air (Q, pour lequel on prend 50 % de la chaleur sensible si le bâtiment n'est pas isolé et 80 % s'il l'est),
- . le débit de ventilation minimal nécessaire pour évacuer l'humidité de l'air (V),
- . la distance entre les entrées et sorties d'air (H).

Des calculs complexes (cf 13) ont permis de réaliser le graphique de la figure 37 établi à partir de la formule suivante :



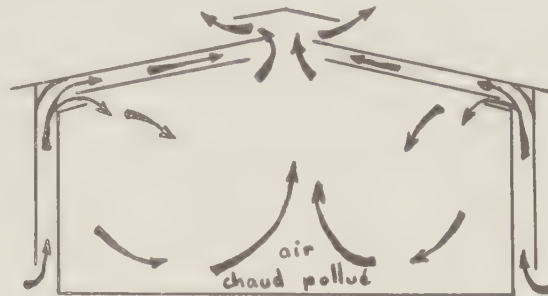
$V = 0,382 A^{2/3} (H Q)^{1/3}$ où
V = débit de ventilation en m³ / s.,
H = distance verticale entre sorties et entrées d'air en mètres,
Q = flux de chaleur apportée à l'air en K W,
A = surface de sortie d'air en m².

Ce graphique sert à déterminer la surface des sorties d'air en fonction du débit de ventilation que l'on souhaite. Il faut prendre pour la lecture de ce graphique, la valeur du produit Q H et lire sur la courbe correspondante. Les résultats montrent que les largeurs d'ouvertures en faîtage sont seulement de quelques centimètres. Et généralement, les entrées d'air latérales sont, elles, de quelques dm² par animal (13).

Fig. 37 - Débit de ventilation m³/h/animal

Le principal inconvénient de ce système de ventilation est aussi le refroidissement souvent excessif pour un balayage parfois incomplet au ras du sol ⁽¹⁰⁾. Grâce à l'utilisation de doubles parois, latérale et sous toiture, un constructeur propose un système dit "ventilation thermo-statique" ⁽³³⁾ fonctionnant selon le principe de la buse Venturi (Fig. 37 bis).

Fig. 37 bis



b) La cheminée d'extraction.

Le principe consiste aussi en une aspiration de l'air chaud par le haut et une admission de l'air frais souvent par le bas. Le tirage d'une telle cheminée est fonction :

- d'une part, de la différence de température entre le point d'entrée et le point de sortie de l'air, d'où la nécessité d'une isolation parfaite de ces cheminées,
- d'autre part, de la hauteur de la cheminée d'où la nécessité de bâtiments spéciaux ⁽¹⁰⁾.

Ce système ne donne satisfaction que lorsque les cheminées sont bien isolées. C'est la raison pour laquelle elles sont souvent construites à double paroi, en utilisant des plaques isolantes, clouées sur des squelettes en bois. On peut aussi utiliser des cheminées composées d'éléments cylindriques en fibro-ciment (Fig. 38). Ces éléments ont une hauteur de 50 cm et leur paroi isolée a une épaisseur de 9 cm ⁽²⁾.

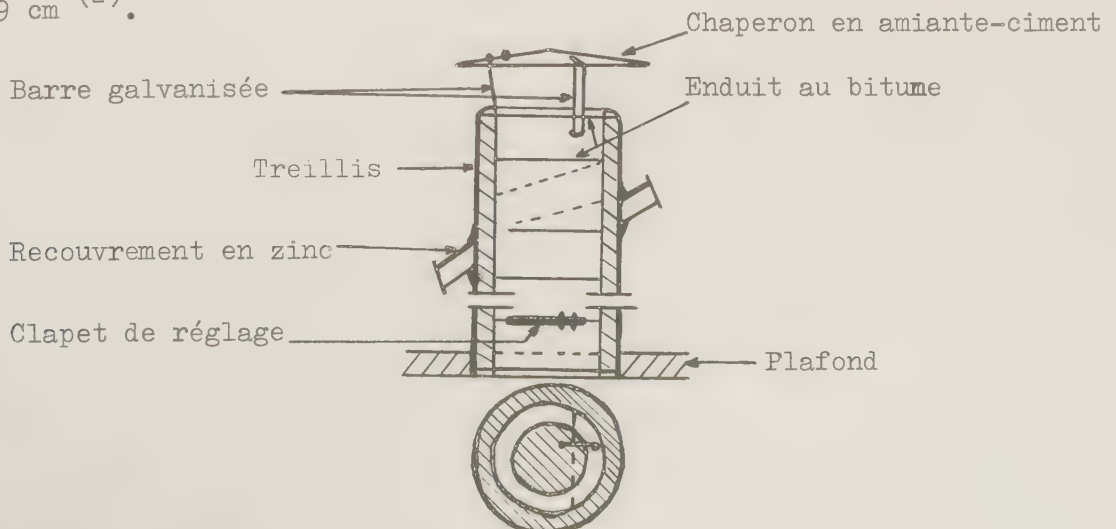


Fig. 38 - Coupe d'une cheminée d'aération ⁽²⁾

La hauteur de la cheminée doit être, au minimum, de 6 mètres. Leur diamètre minimum est généralement de $0,5 \text{ m}^2$. En fait, il varie de 40 à 100 cm, mais surtout il doit être adapté à la capacité de ventilation requise. Le diagramme (Fig. 39) permet de calculer le diamètre (d) de la cheminée nécessaire, en prenant comme point de départ du calcul la hauteur de la cheminée (h) et le nombre d'unités productrices de chaleur (V_{pe}) (obtenu après des calculs particuliers et représentant la valeur thermique d'une porcherie et de ses occupants en tenant compte des catégories de porcs et des installations) (28).

Exemple : Une porcherie de 100 porcs à l'engrais, fournissant $15 V_{pe}$ et ayant une hauteur (h) de 5,50 m, nécessite un diamètre de cheminée de 90 cm.

Selon GOVIN, on compte $0,5$ à $0,7 \text{ dm}^2$ par porc logé (10); FOURNARAKI (6) préconise une section de $0,7$ à 1 dm^2 par porc, ce qui donne, en général, un débit de 30 à $50 \text{ m}^3 / \text{h} / \text{porc}$.

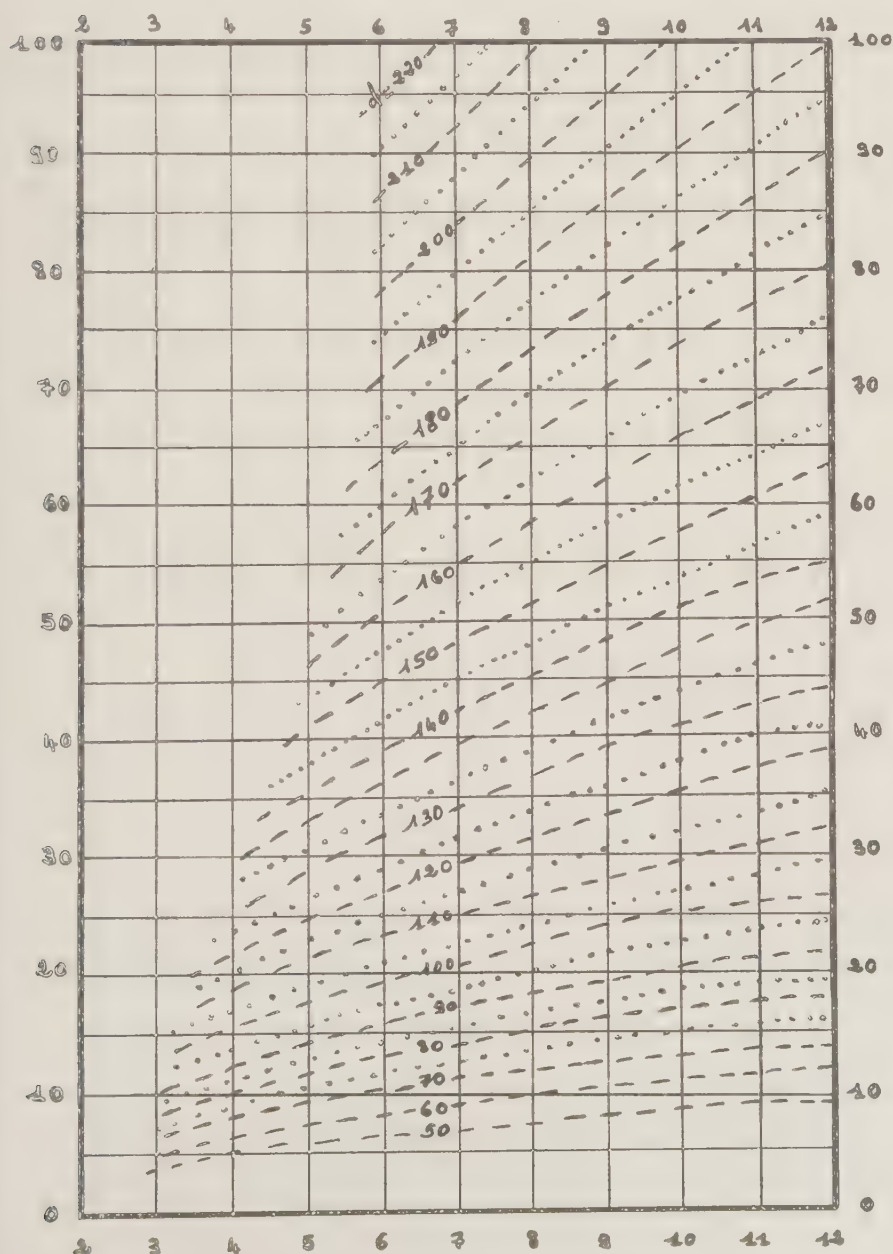


Fig. 39 (28)

Leur isolation thermique est bonne, le coefficient d'isolation k ayant une valeur de $0,7$. Ces éléments sont pourvus à une extrémité d'un rebord et à l'autre d'une cavité, ce qui permet de les placer les uns sur les autres et de former une cheminée. Les jointures entre les éléments sont rendues étanches par l'application d'un mortier de ciment et d'une couche de bitume. En outre, un enduit de ciment est appliqué sur la paroi extérieure de la cheminée. La construction est complétée par un clapet de réglage en bas de la cheminée et par un "chapeau" en haut de celle-ci empêchant la pluie de rentrer théoriquement (2).

Suivant la disposition des entrées d'air frais et le point de départ des cheminées, on peut distinguer différents

systèmes : ascendant, descendant et mixte. Le principe reste toujours le même : l'air frais admis soit par le plafond, soit latéralement, s'échauffe partiellement en se chargeant de vapeur d'eau au contact de la couche chaude, mais cependant, il reste plus lourd que cette couche et tend à descendre vers les couches inférieures. Puis, il se réchauffe au contact des animaux et remonte.

. Dans le système ascendant (Fig. 40), l'admission de l'air frais se fait à faible distance du sol et l'évacuation à hauteur du plafond.

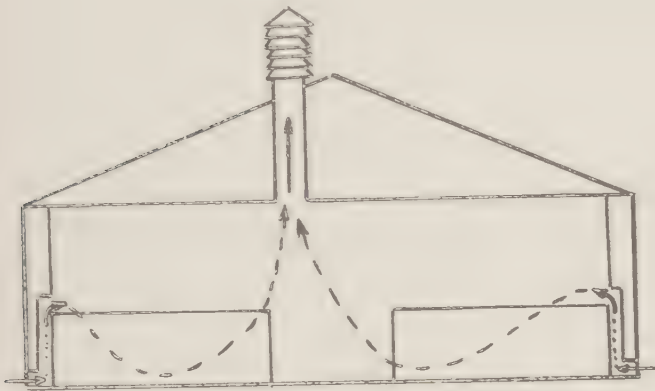


Fig. 40

. Dans le système descendant (Fig. 41), l'admission d'air frais a lieu au plafond ou à sa proximité et l'évacuation au niveau du sol.

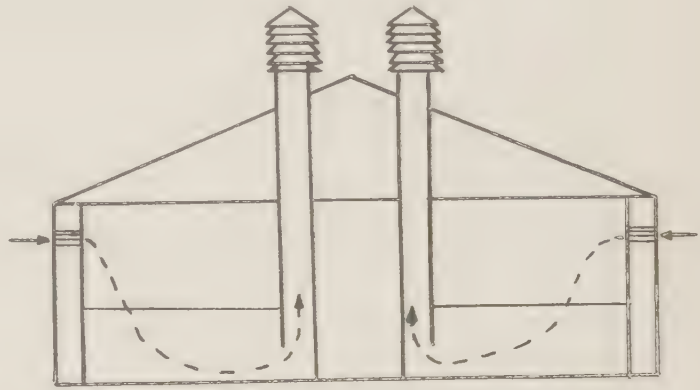


Fig. 41

. Dans le système mixte, on a une combinaison des deux systèmes précédents comme l'indique la figure 42. Ce dernier système, plus particulièrement encore que les deux autres, permet donc d'évacuer :

- l'air des couches basses chargé en CO_2 ,
- l'air des couches supérieures, chaud, chargé de vapeur d'eau et de gaz délétères légers : NH_3 et SH_2 .

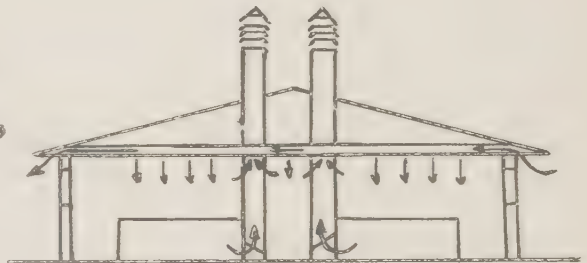


Fig. 42

Il permet aussi d'éviter de soumettre les animaux à un courant d'air froid direct et d'éviter un refroidissement du local car, l'air froid admis, plus dense, est réchauffé en le faisant passer à travers la couche chaude qui se trouve à proximité du plafond.

Une autre solution est utilisée pour éviter le refroidissement du local : en faisant passer l'air par une chicane à l'intérieur du mur et le long d'une plaque de tôle qui ferme la chicane vers l'intérieur du local. Au contact de la tôle, l'air se réchauffe, et la tôle se refroidit et, devenant plus froide que les murs, il se produit des condensations à l'intérieur du local. Cette solu-

tion est donc à déconseiller (6).

Pour assurer un bon fonctionnement des cheminées d'extraction, il faut :

1. Utiliser un conduit à parois lisses, car une paroi rugueuse réduit la vitesse de l'air. Les matériaux conseillés sont essentiellement le fibro-ciment, la tôle, l'amiante cimentée et le bois.

2. Prévoir une section suffisante, car les dimensions réduites empêchent une circulation normale de l'air.

3. Prévoir une bonne isolation : il faut insister sur ce fait d'une importance considérable, pour maintenir une différence de température aussi élevée que possible.

Par ailleurs, pour maintenir une bonne évacuation de l'air, le nombre d'extracteurs est toujours fonction de leur débit et du nombre de porcs ; mais il vaut mieux choisir un nombre réduit de cheminées de forte section que de nombreuses de section plus faible.

Enfin pour réaliser un bon tirage, plusieurs conditions interviennent :

- . la cheminée doit être abritée, c'est-à-dire couverte d'un chapeau et munie d'un accélérateur de tirage, qui améliore son rendement, ainsi que d'un clapet de réglage de débit ,

- . la surface des admissions d'air doit être environ 60 % de la surface des orifices d'évacuation.

A l'intérieur des orifices d'admission d'air, il est utile et même nécessaire d'installer des déflecteurs qui permettent de diriger l'arrivée d'air vers le haut afin qu'il puisse se réchauffer avant de retomber sur les animaux. A l'extérieur, il est conseillé, dans tous les cas, d'appliquer un treillis métallique pour éviter l'accès des rongeurs ou des oiseaux (5). Et afin d'éviter les coups de vent dans les bâtiments, il est nécessaire de protéger les entrées d'air par des jupes descendant assez bas par rapport aux volets d'entrée, comme le montre la figure 43 ci-contre (4).

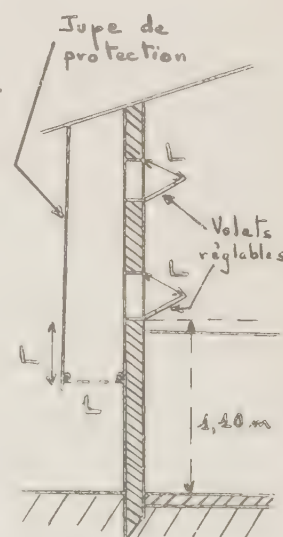


Fig. 43

Les avantages que présentent ce système sont principalement d'ordre économique : construction et montage simple, coût d'installation relativement réduit et pas de consommation d'énergie. L'évacuation des gaz légers et de l'humidité est satisfaisante, à condition d'avoir un

hautes, n'assurant pas suffisamment le renouvellement de l'air au niveau des animaux et, dans d'autres cas, trop basses car accessibles aux porcs et fournissant un courant d'air froid direct sur les animaux. Il arrive rarement qu'elles soient trop grandes. Au contraire, les éleveurs ont une fâcheuse tendance à vouloir toujours fermer au maximum en période froide. Les coups de vent se font souvent sentir à cause du manque de protection extérieure très fréquent ⁽⁷⁾, car une ventilation naturelle, si elle est bien conçue, ne signifie pas du tout "ouvert à tous les vents" ⁽¹³⁾. Que ce soit aux entrées ou aux sorties d'air, les installations sont rarement étudiées pour éviter les condensations d'eau à l'intérieur des bâtiments.

, La largeur des bâtiments est parfois trop importante : pour qu'une ventilation naturelle ait quelque chance de donner satisfaction, il convient que la largeur du bâtiment n'excède pas 18 m ⁽¹³⁾, et même 10 à 15 m, car au-delà, la masse d'air à mettre en mouvement devient trop importante.

Il faut également noter que les plafonds sont souvent trop bas ⁽²¹⁾. D'autre part, ces erreurs de ventilation sont constamment aggravées par le manque de volume par porc ⁽⁷⁾. Par ailleurs, il ne faut pas oublier qu'une porcherie à ventilation naturelle doit être considérée comme un bateau à voile, c'est-à-dire que l'on doit tenir compte du régime des vents dominants, de leur force, de leur orientation et de leur régularité. Deux bâtiments absolument identiques peuvent donner des résultats très différents suivant leur implantation et leur orientation. L'inobservation de ces données a conduit des exploitants à de véritables déboires. C'est pourquoi le choix du site sur lequel le bâtiment doit être implanté et la connaissance préalable du microclimat revêtent une importance primordiale ^(21, 29).

Ainsi l'installation étant la plupart du temps mal calculée et les normes de renouvellement non respectées (le tableau VIII indique les besoins de renouvellement d'air ⁽⁴⁾), comment la régulation de la ventilation pourrait-elle être maîtrisée. Aussi la ventilation naturelle a-t-elle été fréquemment et injustement dénigrée ; il ne suffit pas de rejeter en bloc une technique alors que sa seule mise en oeuvre ou sa pratique sont défaillantes ⁽¹³⁾.

La ventilation statique ne permet certainement pas un contrôle précis des conditions d'ambiance, mais elle peut suffire pour l'aménagement de locaux à faible densité d'occupation. Elle peut de même être bien adaptée à l'aménagement d'une porcherie d'élevage (pré-troupeau, truies et verrats) ⁽¹⁰⁾. Par ailleurs, le côté non bruyant de cette ventilation naturelle peut être mis à son crédit par rapport aux ventilateurs dans le cadre des nuisances ⁽¹³⁾. Enfin son principal avantage est d'ordre économique : pas de frais de fonctionnement et un coût d'installation faible.

CATEGORIES DE PORCS	VENTILATION (m ³ / h - débit réel)	
	Minimum (hiver)	Maximum (été)
Verrats Gestantes	30	240
Truie + portée	40	300
Porcelets : 5 Kg	2	10
10 Kg	5	20
20 Kg	7	30
30 Kg	10	40
Engrais : 25 Kg	5	30
50 Kg	8	60
80 Kg	12	90
100 Kg	15	120

Tableau VIII

Elle peut être efficace si elle est bien conçue et bien suivie, mais son réglage demande beaucoup de soins et d'attention ; et la plupart du temps, l'éleveur n'a pas le temps, ni les capacités techniques suffisantes pour corriger les réglages. Il faut néanmoins admettre qu'elle est très sensible aux fantaisies du vent et que les écarts de température comme les courants d'air au niveau des porcs sont assez fréquents ⁽²¹⁾.

Ainsi en raison de son fonctionnement aléatoire trop lié aux conditions atmosphériques et de sa surveillance permanente nécessaire, la ventilation naturelle des locaux fermés est abandonnée dans la plupart des élevages intensifs de porcs ⁽²⁹⁾. L'évolution technique associée à une densité accrue des animaux dans les locaux et les connaissances zootechniques récentes ont rendues nécessaire l'installation de ventilateurs. De plus, à partir du moment où le chauffage des bâtiments est envisagé, la ventilation mécanique est assurément mieux à même d'assurer une maîtrise relativement précise des calories évacuées et de l'ambiance générale dans les porcheries ⁽¹³⁾.

.....
 B - LA VENTILATION DYNAMIQUE

I - GENERALITES.

De tous temps, le renouvellement de l'air des locaux d'élevage a été une nécessité, mais celle-ci devient impérative lorsqu'on augmente la concentration des animaux. Si pour une dépense minime, la ventilation statique peut donner satisfaction dans un certain nombre de cas, la ventilation dynamique s'avère nécessaire dans d'autres cas.

1° - Définition.

La ventilation dynamique consiste en la mise en mouvement de façon continue par action aérodynamique de la masse d'air à l'aide de dispositifs actionnés par des moteurs nommés ventilateurs qui servent à extraire ou à insuffler l'air. Ce procédé n'est évidemment retenu que dans les bâtiments fermés (5, 10).

2° - Principe de fonctionnement.

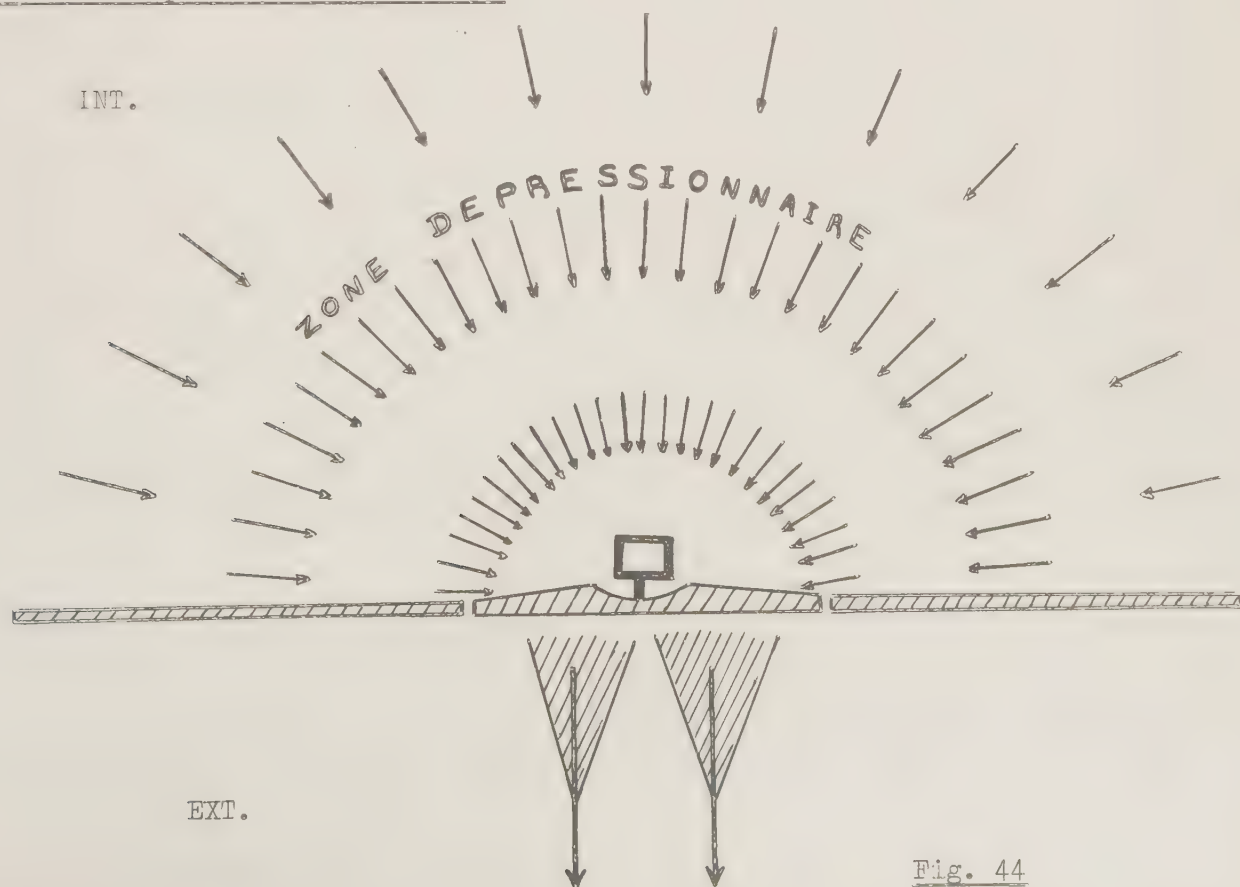


Fig. 44

La masse d'air mis en mouvement par le ventilateur est prise sur l'une des faces du bâtiment et expulsée par un orifice de sortie (ou introduite par l'orifice d'entrée). Cette masse d'air déplacé crée sur la face d'entrée un vide (dépression) qui se comble par de l'air s'écoulant dans cet espace ; celui-ci, du fait de sa viscosité, va entraîner à sa suite, d'autres masses, créant ainsi des aires dépressionnaires de plus en plus étendues (Fig. 44) ⁽⁵⁾.

3° - Ventilation d'été - Ventilation d'hiver ⁽²⁾.

La ventilation dynamique assure des débits de renouvellement convenables, à un moment donné. Mais ces débits peuvent, suivant la charge en animaux, la saison, ou même l'heure, varier dans le rapport de un à quatre. On est donc amené, dans le cadre général, à distinguer la ventilation d'hiver et la ventilation d'été.

a) La ventilation d'hiver.

Il s'agit de maintenir l'hygrométrie de l'air dans des limites admissibles, en utilisant la capacité de l'air, qui en se réchauffant, absorbe la vapeur d'eau dégagée par les animaux et leurs déjections. Dans le même temps, elle assure une bonne répartition de l'air frais au niveau des animaux et élimine les gaz nocifs. En hiver, le renouvellement de l'air peut se traduire par un abaissement notable de la température et dans certains cas faire apparaître des besoins de chauffage.

b) La ventilation d'été.

En période chaude, la ventilation a pour objet d'éviter un échauffement excessif du local d'élevage en évacuant la chaleur produite par les animaux et la fermentation des déjections. Cette évacuation nécessite des débits très importants, et dans les régions à climat chaud, la ventilation risque d'être insuffisante si l'on veut maintenir une température optimale. Dans ce cas des installations particulières (cf lutte contre la chaleur dans les porcheries d'engraissement) peuvent être envisagées pour le refroidissement de l'air ⁽²⁾.

4° - Les méthodes de ventilation.

Selon que le ventilateur force de l'air à l'intérieur d'une enceinte ou qu'il aspire l'air de l'enceinte pour l'expulser au dehors, on parle de :

- . ventilation par surpression,
- . ventilation par dépression ou par extraction,

- ventilation mixte, qui permet de maintenir dans le local soit une légère surpression, soit une légère dépression, selon que le système mettant le local en surpression ou en dépression est prépondérant.

Les trois méthodes ne sont pas fondamentalement différentes, et, dans tous les cas, il faut prévoir des orifices appropriés par où, selon le système, l'air pourra soit échapper de l'enceinte, soit y pénétrer (5, 10, 14).

II - LA VENTILATION PAR DEPRESSION

1° - Définition.

L'air ambiant est extrait par un système de ventilateurs et la dépression ainsi créée dans le local provoque l'admission de l'air extérieur.

2° - La disposition des ventilateurs et des entrées d'air (5, 10, 14).

Tout d'abord, la position des extracteurs doit être telle qu'une vitesse d'air excessive ne soit pas enregistrée au niveau des animaux et que des courts circuits entre les orifices d'entrée et de sortie de l'air ne se produisent, aboutissant à un refroidissement, à des mouvements d'air excessif en certaines zones et à une absence de ventilation en d'autres zones. Car, comme tout fluide, l'air va chercher le plus court chemin entre son point d'entrée et son point de sortie ; autrement dit, si le point d'entrée est proche du point de sortie ou si l'on a deux orifices d'entrée, dont l'un est proche du point de sortie, l'air va passer directement du point proche au point de sortie, laissant une partie du local non ventilée ; (c'est le phénomène dénommé court-circuitage des filets d'air) (figures 45 et 46) (5, 10).

D'autre part, pour éviter certains courants d'air, l'emplacement des ventilateurs doit se faire à une certaine distance des grandes ouvertures (6) ; il est couramment conseillé de les disposer à environ 25-30 % de la longueur du bâtiment (sauf si les grandes ouvertures sont rarement ouvertes et leur étanchéité avec les parois bien réalisée).

Du fait, que l'air se contamine progressivement à mesure qu'il traverse l'espace occupé et qu'il est de première importance d'assurer un écoulement uniforme de l'air à travers l'enceinte, la distance entre les orifices d'admission et de sortie ne doit pas être excessive ; les ventilateurs doivent être placés les uns par rapport aux autres à des distances inférieures à la moitié de la largeur du local, pour éviter de créer des zones non ventilées. Normalement, la distance (entre axes) des ventilateurs ne doit pas dépasser 10 à 15 mètres et

cette même distance doit être respectée entre les ventilateurs et les admissions d'air.

La disposition des extracteurs est donc à la fois fonction des dimensions des locaux et de leurs dispositions. Pour des bâtiments longs et étroits (largeur inférieure à 8 - 10 m), l'emplacement des ventilateurs aux deux extrémités, avec celui des entrées d'air sur les côtés (fig. 47), est toujours défectueux. Il en va de même d'ailleurs lorsqu'il n'y a qu'une seule entrée d'air (située par exemple au plafond), que les extracteurs soient placés latéralement (fig. 48) ou aux extrémités (fig. 49).

Il est nettement préférable de placer les extracteurs sur un mur long-pan et les orifices d'admission sur l'autre pan (fig. 50).



Fig. 45 - Répartition uniforme

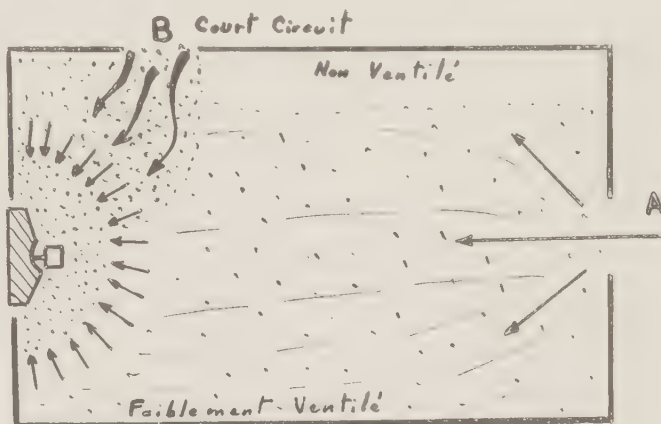


Fig. 46

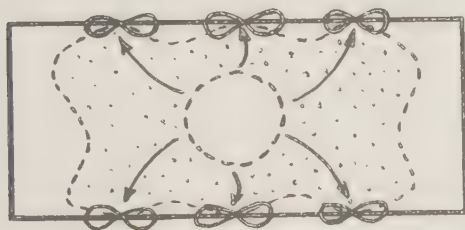


Fig. 48 (10)

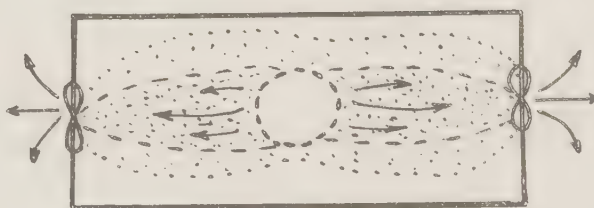


Fig. 49

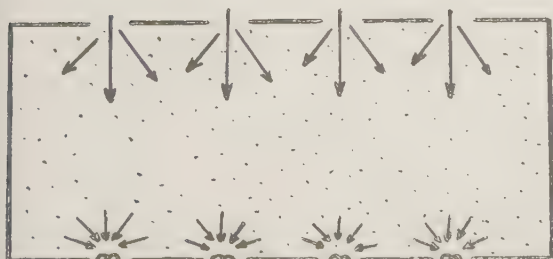


Fig. 50 (5, 10)



Fig. 47 (5)

Toutefois, la position des extracteurs n'est parfois possible qu'au niveau des

extrémités des bâtiments : c'est le cas pour les porcheries d'engraissement formées d'unités contigües (Fig. 51). Dans certaines de ces porcheries, l'entrée d'air s'effectue alors grâce à une ouverture aménagée au centre du bâtiment ; mais un tel système ne donne pas souvent pleine satisfaction. Il faut mettre en place une gaine latérale ou centrale, d'admission ou d'aspiration (figures 52, 53, 54 - pages 55,56) ^(5,10). Ce système est aussi conseillé pour les bâ-

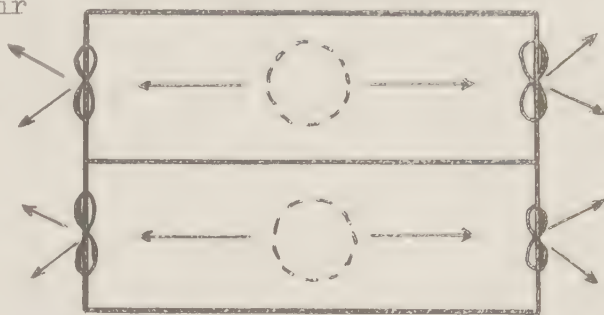


Fig. 51

timents de grande largeur (supérieure à 10 m). La gaine d'admission garde le même diamètre sur toute sa longueur ; tandis que la gaine d'extraction (latérale ou centrale) doit avoir un diamètre régulièrement décroissant et des pertuis de plus en plus nombreux au fur et à mesure que l'on s'éloigne du ventilateur, de manière à réaliser une extraction régulière en volume sur toute la longueur.

D'autre part, pour des considérations d'ordre thermique et pour l'amélioration des conditions de confort, on peut être amené à placer les extracteurs à différents niveaux : en position haute pour éviter l'accumulation d'air chaud et de gaz légers et de vapeur d'eau en partie haute et en partie basse du local lorsqu'on craint la remontée de vapeurs toxiques (cas particulier des porcheries à caillebotis).

3° - Surface des orifices d'admission de l'air ^(5, 14, 30).

Le calcul précis des surfaces d'admission est prépondérant pour obtenir une exploitation normale des extracteurs. L'expression qui permet de calculer la section totale libre d'admission est la suivante :

$$S \text{ (m}^2\text{)} = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/s)}}{V \text{ (m/s)}} \quad \text{où :}$$

S = Surface totale des orifices d'entrée de l'air,

Q = Débit de renouvellement nécessaire,

V = Vitesse d'entrée de l'air de renouvellement.

Si n est le nombre de points d'admission : S unitaire (m²) = $\frac{Q \text{ (m}^3\text{/s)}}{V \text{ (m/s)} \times n}$

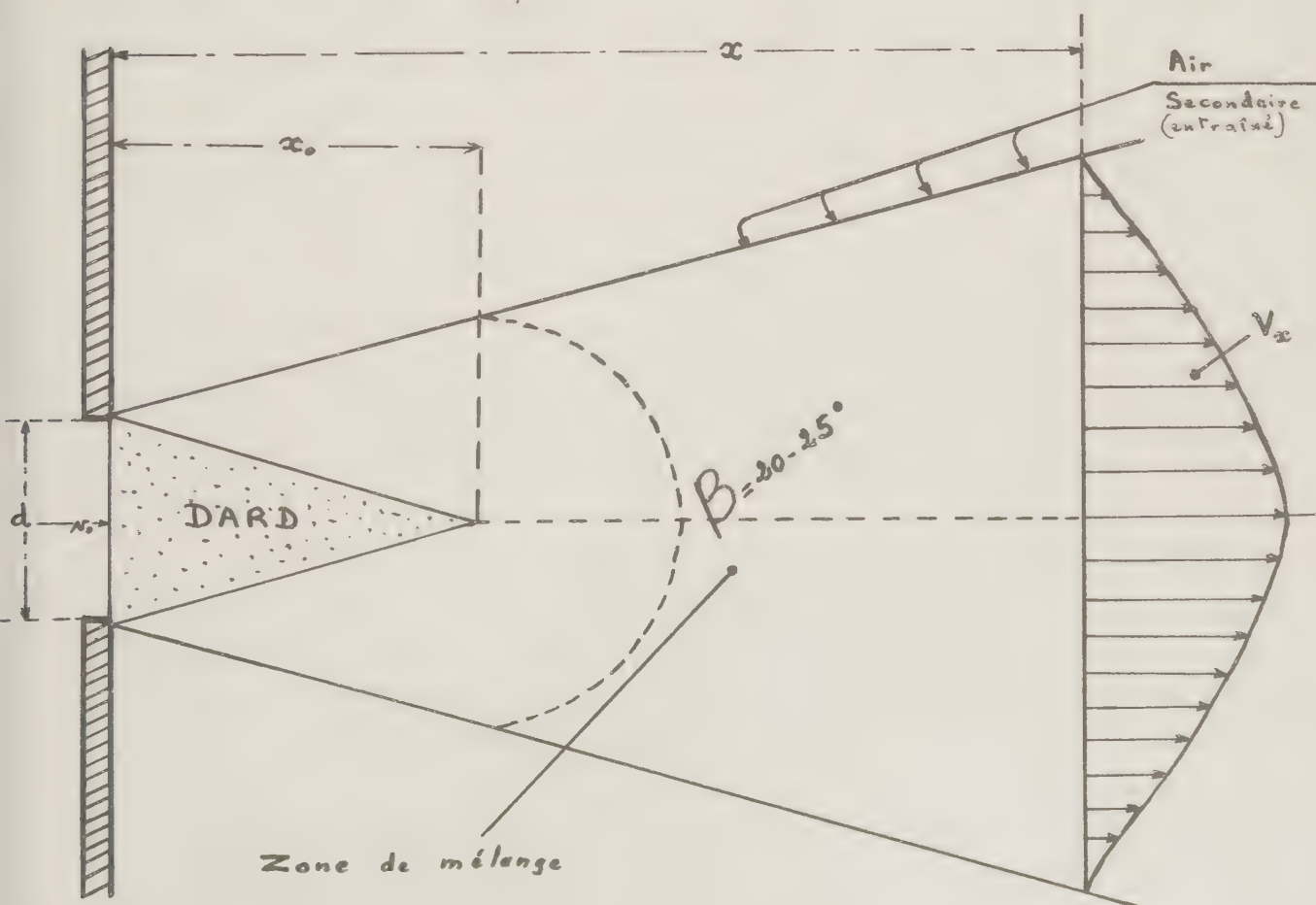
Cette expression est générale et permet de calculer, tant en extraction qu'en surpression, les sections des gaines et des orifices d'admission ou de sortie d'air. Un facteur de correction doit être appliqué dans le cas d'application de grilles sur les orifices d'admission. Par ailleurs, il faut veiller à ce que

les débits maximum des ventilateurs retenus tiennent compte des pertes de charge sous 5 à 9 mm de colonne d'eau ; sinon on peut considérer que ces débits sont inférieurs d'environ 20 % à celui annoncé sans perte de charge, c'est-à-dire sous 0 mm de colonne d'eau (4, 23). La vitesse de l'air pénétrant dans le local par les orifices d'entrée ou par une gaine ne doit pas dépasser 1 m par seconde ou un peu plus. La limite extrême se situe à 2 m/s. De ce fait, en général, les vitesses admissibles dans les gaines sont de l'ordre de 2 à 5 m/s (4, 5).

L'air pénétrant par les orifices d'admission forme un jet dont les caractéristiques sont fonction de la forme de la bouche, de la vitesse à l'entrée, de sa température et de dispositifs supplémentaires particuliers (Fig. 55). En ce qui concerne la forme des orifices d'admission, il suffit de distinguer :

- les bouches circulaires,
- les orifices rectangulaires,
- les fentes dont la longueur est supérieure ou égale à 15 - 25 fois sa hauteur.

Lorsque l'air quitte un orifice rond ou rectangulaire, libre, pour pénétrer dans une enceinte, le jet prend la forme d'un cône ou d'un prisme divergent dont l'angle est d'environ 20° .



JET D'AIR - Fig. 55 (5)

La vitesse de sortie v_0 n'est conservée dans l'axe de la bouche que jusqu'à une distance x_0 de la bouche ; ensuite la vitesse diminue rapidement, même dans l'axe. Ainsi, en fonction de la température de l'air, le jet sera ascendant si l'air entrant est à une température supérieure à celle de l'air ambiant, et descendant dans le cas contraire ⁽⁵⁾. Les déflecteurs et les aérothermes jouent alors à ce niveau un rôle aussi très important (Fig. 59 et 60).

4° - L'installation de la ventilation.

Elle comprend essentiellement l'étude des ventilateurs et du poste de régulation. Il faut d'ailleurs noter que cette étude de l'installation de la ventilation est valable pour les trois méthodes de ventilation ; aussi lors de l'étude des ventilations par surpression et mixte, ces problèmes ne seront pas repris. Il en est de même en ce qui concerne la position des ventilateurs et les surfaces d'entrée et sortie d'air.

a) Les ventilateurs (2, 6, 30).

Il en existe différents types :

- Les ventilateurs hélicoïdaux qui sont composés d'une série de pales fixées sur l'arbre de rotation. Ces pales frappent l'air et le renvoient parallèlement à l'axe. Ils peuvent être :

- . soit à faible diamètre et grande vitesse. Faciles à installer, ils prennent peu de place, mais sont souvent bruyants ; leur rendement diminue lorsqu'ils font face au vent.
- . soit à grand diamètre et vitesse lente. Difficiles à installer, ils occupent beaucoup d'espace, mais ils sont silencieux ; ils extraient l'air à faible vitesse au niveau du sol et à un rythme plus accéléré au niveau du plafond. Ce modèle, étant très peu bruyant et entraînant des vitesses d'air réduites, semble préférable au précédent, surtout dans les maternités.

Les ventilateurs hélicoïdaux fournissent donc un fort débit avec une faible pression, mais à grande vitesse, deviennent bruyants (en principe, ne pas dépasser un débit de $4000 \text{ m}^3 / \text{h}$ avec 1500 tours / mm). Il faut remarquer à ce sujet que des améliorations notables ont été réalisées sur ces matériels par les grands constructeurs depuis quelques années.

- Les ventilateurs centrifuges qui sont composés d'une série de palettes fixées à une armature en forme de cylindre ouvert aux deux bouts, reliée à un arbre de rotation ; la partie mobile, rotor ou turbine, est enfermée dans une coquille fixe, le stator. L'air pénètre dans l'orifice du stator, l'ouïe ; il est ensuite

happé par les palettes et tourne de plus en plus vite en s'éloignant de l'arbre central par suite de la force centrifuge. Il ne peut sortir que par la base du stator qui guide le flux dans la direction choisie. Les ventilateurs centrifuges sont volumineux et consomment légèrement plus de courant que les précédents pour un débit identique. Ils sont surtout utilisés pour les systèmes de ventilation employant de l'air circulant par des gaines. Leurs rendements sont moins influencés par les pressions statiques normales.

Cependant, en général, les ventilateurs sont en majorité de type hélicoïde. Du fait qu'ils travaillent sous de faibles pressions, il est préférable de les choisir à pales larges et incurvées.

Les caractéristiques d'un ventilateur sont : le débit, la pression et la puissance absorbée qui varient proportionnellement : le débit à la vitesse, la pression au carré de la vitesse et la puissance absorbée au cube de la vitesse. En ce qui concerne le débit d'un ventilateur, il faut demander aux constructeurs et aux vendeurs le débit réel du ventilateur, qui est le seul valable ; sinon il faut prévoir la correction nécessaire.

Il existe actuellement sur le marché une assez grande variété de ces appareils. On peut les classer en trois grandes catégories :

- ceux à vitesse et volume constants ;
- ceux à vitesse constante et volume variable ;
- ceux à vitesse et volume variables.

Ainsi, suivant les besoins, le ventilateur peut être à une, deux ou plusieurs vitesses ou mieux à vitesse variable. Une technique actuellement à la mode est celle des ventilateurs montés en cascade. Certains ventilateurs actuels ont une puissance remarquable et, grâce au système multi-vitesses, le débit peut varier de $2000 \text{ m}^3 / \text{h}$ à $20 - 22\,000 \text{ m}^3 / \text{h}$. Des ventilateurs équipés d'un moteur "super-glissant" peuvent fonctionner à très bas débit : jusqu'à 5 % de leur débit maximum.

Les moteurs entraînant ces ventilateurs sont des moteurs électriques blindés pour éviter leur encrassement par les poussières ; ils doivent être parfaitement isolés du fait de l'atmosphère de vapeur d'eau et d'ammoniacque dans laquelle ils sont appelés à fonctionner. Le bobinage du moteur, du fait de l'humidité et parfois de la poussière, doit avoir subi une imprégnation suffisante pour être résistant (souvent double imprégnation normale).

La qualité des matériaux entrant dans la construction de ces ventilateurs est essentielle. Que ce soit les pales, le boîtier ou le châssis, ils doi-

vent être résistants à l'action des vapeurs d'eau et d'ammoniaque. Les alliages à base d'aluminium donnent souvent satisfaction ; ainsi pour le châssis, la fonte d'aluminium peut être recommandée. Pour assurer la protection du moteur, les constructeurs ont maintenant placés les moteurs dans des boîtiers étanches. Par ailleurs selon l'utilisation désirée du ventilateur et selon son endroit d'implantation, le ventilateur peut être équipé ou non de plusieurs accessoires. Le plus simple est celui vendu nu sur viroles. Il peut aussi être installé sur une plaque carrée. L'adjonction d'une grille arrière de protection est largement conseillée pour de multiples raisons dont principalement la sécurité. L'addition de volets à lamelles peut être utile dans certains cas. Pour les ventilateurs situés hors du local d'élevage plus particulièrement, il est préférable qu'ils soient munis d'un caisson métallique antivent. Cette méthode présente en plus les avantages de ventiler hors de portée des animaux et de permettre un accès plus facile aux appareils pour l'entretien courant.

D'autre part, les ventilateurs doivent être munis d'une protection individuelle, sous forme d'un disjoncteur magnéto-thermique par exemple.

A l'heure actuelle, il est largement recommandé d'utiliser des ventilateurs à vitesse variable ou à paliers nombreux. En effet, en hiver les besoins en débit d'air sont de 5 à 6 fois plus faibles qu'en été. Il est donc nécessaire que les débits des ventilateurs puissent être réglés dans les mêmes proportions. Or, cette opération n'est pas possible avec des ventilateurs mono ou bi-vitesse fonctionnant dans des conditions normales. Car, avec ces appareils, on est obligé d'arrêter leur fonctionnement de manière cyclique ou par action d'un thermostat. Ceci provoque alors dans l'ambiance des niveaux de température en "dents de scie". Ainsi l'animal est soumis à des écarts de température de l'ordre de 4 à 5 °C et ceci dans des intervalles de temps assez brefs ; ce qui ne peut entraîner que des conséquences économiques et pathologiques néfastes (30).

b) La régulation (2, 10, 14, 24, 30).

L'appareillage de commande forme le complément indispensable de toute installation de ventilation bien conçue. Le calcul du conditionnement de la porcherie (ventilation et chauffage) montre une grande différence entre les débits d'air utiles et nécessaires selon les saisons, d'une part, et l'âge des animaux, d'autre part. L'installation de ventilation doit donc permettre de fournir un débit d'air variable. Plusieurs systèmes sont possibles pour commander les différents équipements de l'installation de ventilation (2).

♣ - La commande manuelle.
.....

La commande manuelle des ventilateurs est, certes, une chose possible, mais difficile à réaliser et de plus non souhaitable, car elle suppose la présence quasi

permanente, près des locaux, d'une personne compétente commandant la mise en route, le débit et l'arrêt des appareils. Or, la main-d'oeuvre est de plus en plus chère, et, de surcroît, le risque d'erreurs n'est pas négligeable (l'éleveur réglant les appareils en fonction de ses propres sensations et non en fonction du confort des animaux). Ainsi, dans ce système, le responsable intervient lorsqu'à certains indices il constate un comportement anormal des animaux ou lorsque certaines déficiences se font jour, ou plus encore, lorsqu'il éprouve lui-même une sensation d'inconfort. On se rend tout de suite compte du danger de cette formule sachant que la notion de confort est essentiellement subjective. C'est pour toutes ces raisons, qu'il ne peut être question de prévoir une commande manuelle des appareils de ventilation dynamique si l'on désire réaliser une ambiance correcte dans la porcherie. Seule la régulation automatique permet d'assurer une ventilation sûre et précise (2, 14, 24).

β - La commande automatique.

Actuellement, la grande majorité des éleveurs fait donc appel à des systèmes de commande automatique. Les qualités indispensables d'une bonne régulation automatique sont les suivantes :

- le fonctionnement est assuré à l'intérieur d'une fourchette de température fixée par l'éleveur en fonction des conditions extérieures ; une fourchette pour l'hygrométrie peut aussi être déterminée ;
- l'appareil de régulation ne doit pas provoquer des variations trop rapides, ni trop importantes de la température intérieure ;
- l'appareillage doit être simple, robuste, ne pas exiger un entretien trop minutieux, fonctionner avec une grande sécurité ;
- il est conseillé de prévoir un thermostat de sécurité qui arrête la ventilation lorsque la température du local descend au-dessous d'une valeur fixée par l'éleveur ⁽¹⁴⁾.

Selon les modèles de ventilateurs utilisés et selon le type envisagé, la commande automatique peut être conçue de plusieurs façons.

1. La régulation du type "tout ou rien".

. l'ensemble des ventilateurs est commandé par un seul thermostat ; ceux-ci se mettent en marche lorsque la température intérieure monte au-dessus de celle affichée sur le thermostat et s'arrêtent dans le cas contraire. Cette régulation, qui a l'avantage d'être la plus simple, présente l'inconvénient de soumettre les animaux à des variations brutales de température et de circuit d'air. Quand il fait froid, le thermostat peut bloquer tout le système de ventilation ;

il s'ensuit que l'humidité et les gaz nocifs ne sont pas évacués temporairement.

. C'est pour cette raison que l'on peut y adjoindre une minuterie qui permet un renouvellement d'air minimal : l'horloge ou doseur cyclique. Généralement, le cadran tourne et revient à sa position initiale toutes les 10 mn. Selon la position des curseurs, il est ainsi possible d'enclencher les ventilateurs de minute en minute, jusqu'à 10 mn. Selon les besoins physiologiques des animaux, la ventilation fonctionne quelques minutes par cycle de 10 mn. Ce procédé a l'avantage d'être peu onéreux mais présente des inconvénients. Son fonctionnement est laissé à l'initiative de l'éleveur qui ne sait pas toujours à quel niveau régler le temps de fonctionnement de la ventilation. En hiver et en demi-saison, les animaux risquent d'être soumis à une "bouche froide", car l'air froid extérieur est admis périodiquement dans le local, quelle que soit la température extérieure..

Une amélioration a été apportée (inversement au système précédent) en associant l'horloge à un thermostat qui coupe la ventilation si la température descend au-dessous du seuil fixé par l'éleveur.

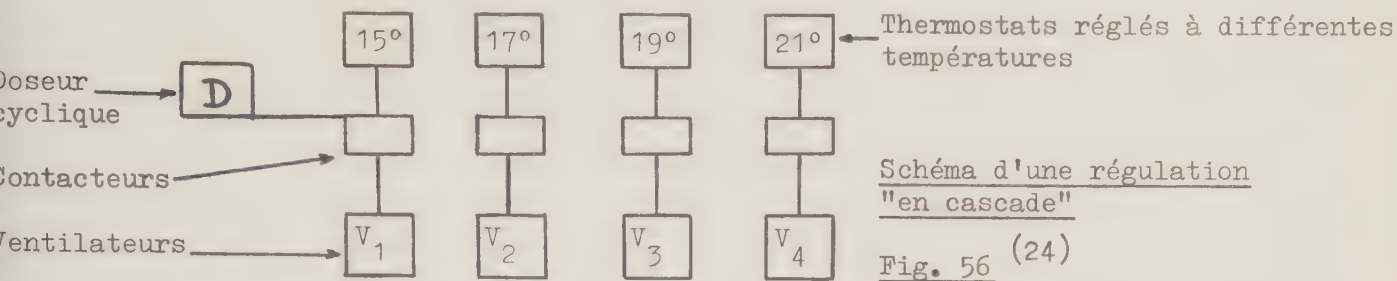
Mais ces systèmes ont été progressivement abandonnés au profit de méthodes plus perfectionnées, consistant à mettre en place plusieurs thermostats qui mettent sous tension les ventilateurs à mesure que la température intérieure du local augmente (et réciproquement) (2, 14).

2. La régulation "en cascade".

Cette solution peut être utilisée lorsque plusieurs ventilateurs sont utilisés dans un système d'aération ou d'extraction par gaine. L'éleveur règle les thermostats à des températures croissantes. Chaque thermostat, commandant chacun un groupe de ventilateurs, les met successivement sous tension, à mesure que la température augmente ou les arrête successivement au fur et à mesure qu'elle baisse.

Dans le cas de gaine d'extraction, les ventilateurs sont placés côte à côte en bout de gaine et le débit de l'ensemble varie suivant le nombre de ventilateurs en marche. Pour ces ventilateurs montés en cascade, les volets anti-retour empêchent le recyclage de l'air par les ventilateurs à l'arrêt. Ainsi cette régulation permet d'admettre dans le local la seule quantité d'air nécessaire pour assainir le local et maintenir une température optimum, et d'obtenir une répartition uniforme. La régulation en cascade est d'autant plus souple que le nombre de ventilateurs est important : il en faut au minimum trois.

Cependant, il est recommandé de commander le ventilateur correspondant à la température la plus basse par un doseur cyclique ou un variateur de vitesse manuel, afin de pouvoir régler, si besoin, le débit minimum (Fig. 56).



Au-dessous de 15° C, le ventilateur V_1 tourne par intermittance suivant la régulation du doseur cyclique.

Entre 15 et 17° C, V_1 tourne en continu. Entre 17 et 19 °C, V_1 et V_2 tournent en continu. Entre 19 et 21° C, V_1 , V_2 et V_3 tournent en continu. Au-dessus de 21° C, les 4 ventilateurs tournent ensemble : le débit maximum de ventilation est atteint.

Ce système de régulation est bien adapté à la ventilation par gaine. Il a l'avantage en plus d'être simple (24).

3. La régulation dite "semi-automatique".

Les ventilateurs sont entraînés par des moteurs à vitesse variable. Ils tournent tous à la même vitesse : soit à vitesse lente réglée manuellement par l'intermédiaire d'un potentiomètre, soit à la vitesse maximale. Le changement de vitesse est commandé par un thermostat situé à l'intérieur de la porcherie.

Ce système de régulation est mal adapté à la ventilation des porcheries car l'éleveur doit prévoir les variations de température extérieures pour régler convenablement la vitesse minimale. Ceci peut avoir les conséquences suivantes : si la température extérieure descend trop bas au cours de la nuit, le débit minimal sera trop élevé et la température intérieure va baisser. Si au contraire, la température extérieure est plus élevée que prévu, la température monte dans la porcherie et les ventilateurs tournent à leur vitesse maximale, ce qui en hiver peut entraîner un apport brutal d'air froid au niveau du porc (24).

4. La régulation continue (dite automatique).

Les ventilateurs utilisés possèdent également des moteurs à vitesse variable. Plusieurs systèmes peuvent être utilisés :

* Quelques vitesses sont présélectionnées par le constructeur. Le passage d'une vitesse à l'autre est commandé par des thermostats suivant le principe

déjà décrit de la régulation en cascade. Toutefois, ce système de régulation n'est pas encore aussi perfectionné que les suivants fonctionnant véritablement en continu.

Le principe consiste alors à faire varier automatiquement et progressivement la tension d'alimentation aux bornes des ventilateurs à moteur glissant. La vitesse de rotation, et par conséquent le débit, est fonction de la tension appliquée aux bornes du moteur du ventilateur. De ce fait, la vitesse des ventilateurs est proportionnée à leur débit, en fonction de la température fixée par l'éleveur. La variation du débit des ventilateurs s'obtient alors à partir d'un variateur de vitesse qui peut être manuel, semi-automatique ou automatique. Ce variateur de vitesse est le plus souvent électromécanique ou électronique.

* Le système électromécanique : (Fig. 57).

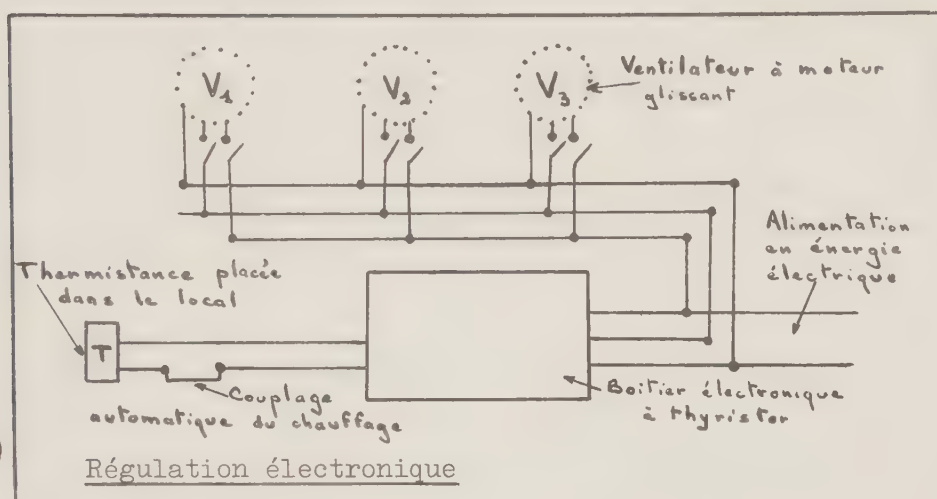
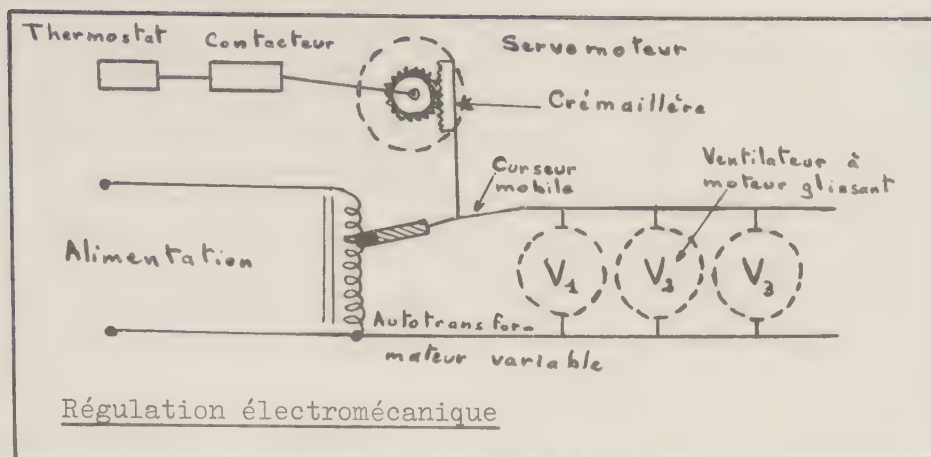
La tension d'alimentation du courant électrique est fixée par la position d'un curseur au contact d'un transformateur variable. Le déplacement du curseur est manuel ou automatique. Dans ce dernier cas, un thermostat placé dans l'ambiance à contrôler commande, par l'intermédiaire d'un contacteur, un servomoteur qui effectue le déplacement du curseur au contact du transformateur dans un sens ou dans l'autre selon que la température du local est inférieure ou supérieure à la température affichée sur le thermostat. La variation de tension se fait très progressivement, si bien que les ventilateurs mettent 20 à 30 minutes pour passer de la vitesse minimale à la vitesse maximale et inversement (2, 14, 24).

* Le système électronique : (Fig. 58) un variateur électronique modifie la tension aux bornes des ventilateurs. Une ou plusieurs sondes (thermistances), dont la résistance varie avec la température, sont placées à l'intérieur de la porcherie. Une boîte électronique (renfermant des thyristors) reçoit ainsi l'information permanente de la température intérieure et fait varier instantanément la vitesse des ventilateurs. Ce système est très perfectionné, mais il est sensible aux chutes de tension (24).

Les procédés actuels utilisent aussi les hygrostats, c'est-à-dire, qu'à l'aide de ces appareils, le débit des ventilateurs est modulé en fonction du degré hygrométrique dans une fourchette bien déterminée (30).

En résumé, on peut considérer que deux principes de régulation des ventilateurs peuvent donner satisfaction :

- la régulation "en cascade " avec possibilité de régler le débit minimal, surtout pour une ventilation par gaine,
- la régulation en continu pour les autres systèmes de ventilation (24).



c) La protection électrique des ventilateurs (4, 26, 30).

Chaque ventilateur doit être muni d'une protection individuelle sous forme d'un disjoncteur soigneusement calibré. Ce point particulier revêt une grande importance, car s'il n'y a qu'un disjoncteur pour toute l'installation de ventilation, une panne survenant sur un seul appareil arrête tout l'ensemble. Par ailleurs, une mise à la terre de l'installation est indispensable. De même, l'exécution et l'entretien des installations électriques doivent être conformes aux règles de sécurité.

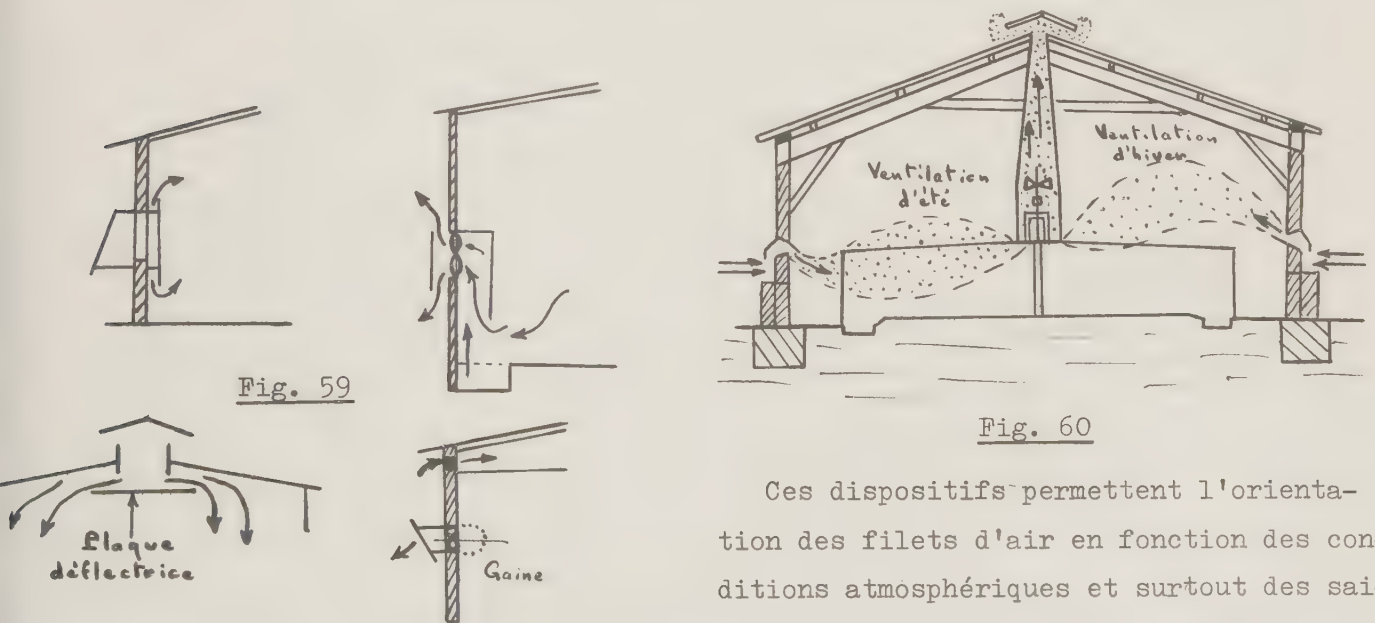
D'autre part, un système d'alarme est à conseiller très fortement. Il prévient l'éleveur lors d'une déficience de fonctionnement de l'installation de conditionnement. Différents systèmes peuvent être utilisés : comme les avertisseurs lumineux ou les avertisseurs sonores : klaxons, sirènes, sonneries, cloches, etc... Cependant un dispositif permettant une ventilation minimum doit exister en cas de panne quelconque du système de ventilation ; l'ouverture automatique des portes de la porcherie ou le déclenchement d'un système de ventilation statique de secours sont des dispositifs obligatoires dans les nouvelles porcheries ventilées dynamiquement, chauffées et bien isolées. Ainsi la meilleure solution est d'associer un ou des systèmes d'alarme et des trappes de secours permettant automatique-

ment une aération en cas d'arrêt des ventilateurs. De plus, le système d'alarme doit être rendu indépendant du réseau de ventilation ; aussi il est souhaitable que le courant l'alimentant soit fourni par une source électrique totalement indépendante. L'éleveur doit aussi avoir soin de se munir d'éléments de rechange d'avance (fusibles, disjoncteurs, contacteurs, etc ...) et de vérifier régulièrement le bon fonctionnement à la fois du système de ventilation et des systèmes d'alarme et de secours (14, 25, 26).

d) La protection mécanique des ventilateurs (4, 26, 30).

Les orifices d'entrée d'air principalement, mais aussi ceux de sortie d'air (surpression), doivent être équipés de pare-vent comme les déflecteurs, les jupes de protection (Fig. 43) et bien d'autres. Ces dispositifs permettent de rendre la ventilation dynamique bien plus indépendante des vents. Les déflecteurs extérieurs, de forme arrondie, sont largement employés pour soustraire les ventilateurs à l'action des vents ; mais, en général, ces pare-vent doivent laisser une section de passage d'air au moins égale à quatre fois celle de la virole du ventilateur (Fig. 18, 43 et 59).

De même à l'intérieur, les orifices d'entrée ou de sortie d'air pratiqués dans les parois verticales du local doivent être munis de déflecteurs (Fig. 18, 59 et 60) de différents modèles ou de baffles de protection.



Ces dispositifs permettent l'orientation des filets d'air en fonction des conditions atmosphériques et surtout des saisons. En outre, la variation de la section des orifices en fonction du débit de ventilation nécessaire est souhaitable. Elle peut

être obtenue, dans le cas d'ouvertures communiquant directement avec l'extérieur, par la variation de l'inclinaison des déflecteurs, montés sur charnières.

Les ventilateurs doivent être munis, du côté de refoulement, de volets à fermeture automatique qui retombent par leur propre poids en cas d'arrêt de fonctionnement (sauf s'il existe à ce niveau un système particulier de ventilation de secours). On peut aussi répéter l'utilité des volets anti-retour dans la régulation "en cascade" et le caisson antivent pour les ventilateurs disposés à l'extérieur.

Enfin, les ventilateurs doivent être munis de grilles de protection afin d'éviter que la rupture d'une pale ne blesse ou un animal ou l'éleveur travaillant dans le local.

Aussi après cette étude concernant à la fois les trois méthodes de ventilation dynamique, il nous faut revenir à la ventilation par dépression et voir qu'il existe une très grande diversité de conceptions, plus ou moins favorables, en ce qui concerne les positions idéales des extracteurs et des orifices d'admission.

5° - Les différentes conceptions de ventilation par dépression.

a) Le simple balayage transversal surtout pour les bâtiments de moins de 12 mètres de large. L'air frais est admis par des ouvertures dans une des parois longitudinales, les ventilateurs sont installés dans la paroi opposée (Fig. 50, 61).

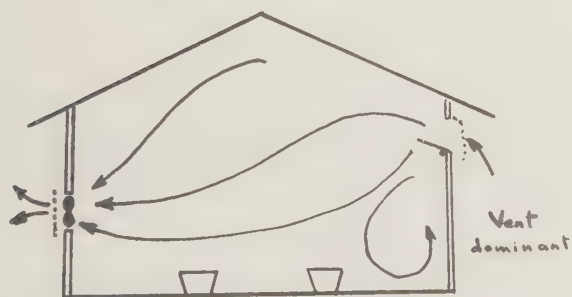


Fig. 61

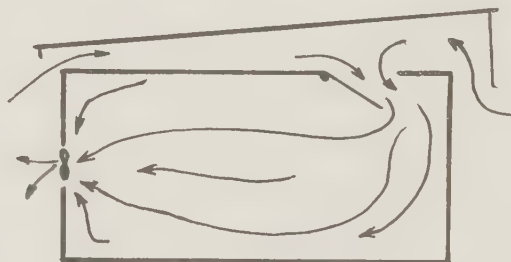


Fig. 62

En été, le sens du travail du ventilateur peut être inversé ; il travaille alors en surpression.

On peut citer une variante fréquente de cette conception : l'admission au-dessus du plafond avec volets au plafond ou mieux encore plaque perforée du côté opposé à l'extracteur (Fig. 62). Les ventilateurs doivent être faiblement espacés (2 à 3 mètres) sur le long pan qui n'est pas exposé au vent.

Les avantages sont la simplicité, le coût d'installation peu important et une répartition transversale assez homogène de l'air dans tout le bâtiment.

L'inconvénient majeur est une différence de climat pour les animaux situés côté admission par rapport à ceux situés côté extraction. Les obstacles (auges, séparations) peuvent provoquer des modifications importantes de la répartition. Les entrées d'air et les extracteurs peuvent être placés à une hauteur variable sur les parois ; le plus souvent à mi-hauteur. Mais un système intéressant consiste à les installer à la partie supérieure du local ; deux volets permettant d'extraire l'air chaud l'été et l'air froid l'hiver (Fig. 63) (2, 10, 30).

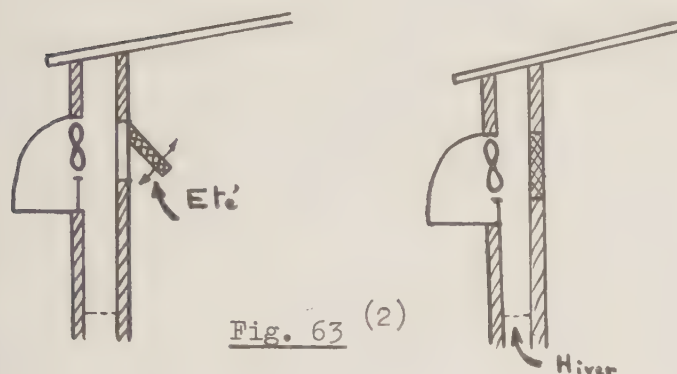


Fig. 63 (2)

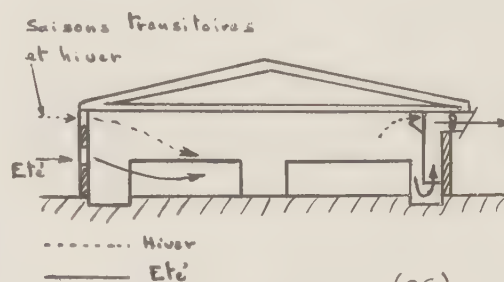


Fig. 64 (26)

Le schéma de la figure 64 montre aussi une autre variante qui peut aussi fonctionner différemment selon les saisons. Pour obtenir de bons résultats, la largeur des bâtiments doit être inférieure à 12 mètres.

b) Ventilateurs et entrées placés sur le même pan du bâtiment (Fig. 65).

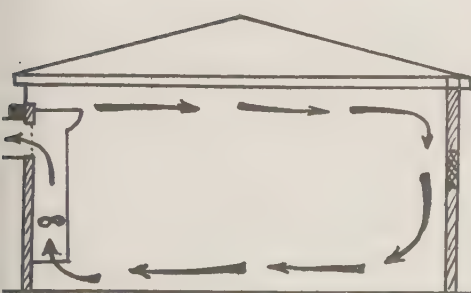


Fig. 65 (2)

L'air est admis au niveau du plafond, se dirige vers la paroi opposée avant de revenir sur les animaux et d'être extrait par le ventilateur. En fait, ce système est peu conseillé, car des courts-circuits peuvent s'établir et le trajet que l'air emprunte semble plutôt théorique que réel. Dans des bâtiments de largeur inférieure à 10 mètres et avec l'adjonction d'un système en surpression en hauteur, on peut obtenir des résultats plus favorables (ventilation par surpression et

mixte). Il est possible d'installer en O un volet réglable qui permet un recyclage total ou partiel de l'air intérieur..

c) La double extraction latérale.

1. L'air est admis par des aérateurs placés en faitage et extrait sur les côtés par des ventilateurs (Fig. 66). Ce système présente l'avantage, en hiver, d'introduire de l'air froid par la partie supérieure où il a le temps de se mélan-

ger à l'air chaud. Mais il a le désavantage de causer des différences de température entre les côtés de la porcherie et le centre.

2. On peut pallier à cet inconvénient en plaçant les extracteurs le plus bas possible ou à l'aide d'une hotte d'extraction (Fig. 67). De même, pour les entrées d'air dans la partie supérieure, on peut utiliser des cheminées et des plaques déflectrices.

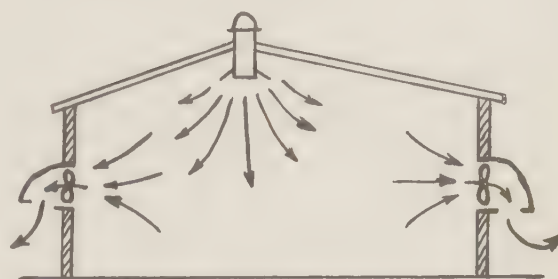


Fig. 66 (2)

3. La double extraction latérale avec passage de l'air au travers d'un faux-plafond (Fig. 68), ce qui permet en hiver un préréchauffement de l'air froid.

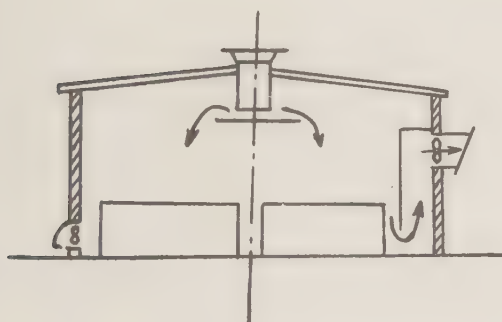


Fig. 67

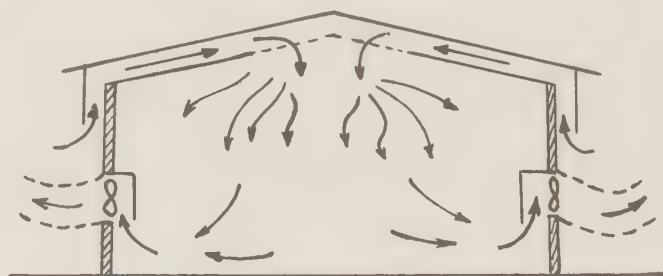


Fig. 68

4. La double extraction latérale avec gaine centrale d'admission dont le diamètre est uniforme (Fig 52). Cette conception est très bonne, car elle permet une répartition uniforme de l'air.

Un dispositif de trappe à glissière peut permettre d'obturer partiellement les orifices pratiqués dans la gaine, l'hiver, lorsque les besoins de ventilation sont réduits..

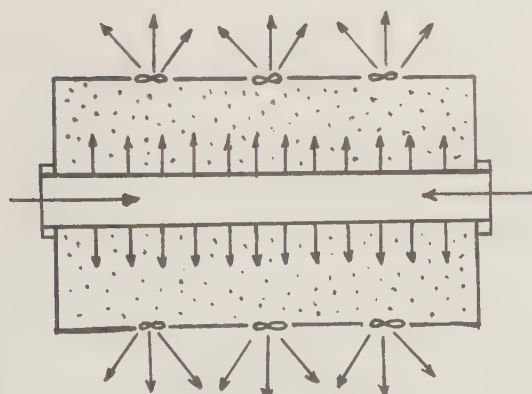


Fig. 52 (5)

d) L'extraction par gaines : elles peuvent être latérales ou centrales.

1 * Latérales (Fig. 53). Dans ces deux types, le diamètre des gaines

2 * Centrales (Fig. 54) va croissant d'une extrémité à l'autre

en direction de l'extracteur lorsqu'il n'y en a qu'un seul ; le diamètre croît vers chaque extrémité lorsqu'il y a un extracteur à chaque extrémité.

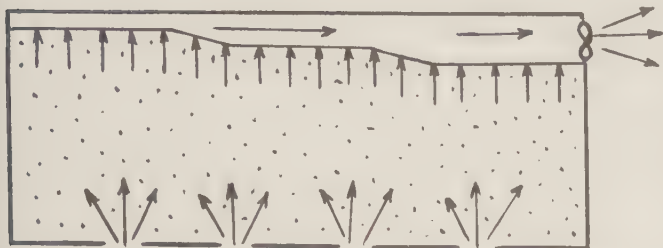


Fig. 53 (5). Bonne répartition uniforme dans un bâtiment long et étroit.

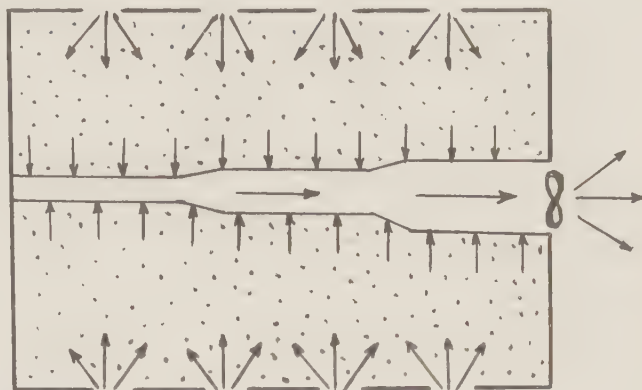


Fig. 54 (5). Répartition parfaite de l'air dans un bâtiment plus large.

Il est important de veiller à ce que les gaines de ventilation soient lisses et ne comportent aucun obstacle au passage de l'air (comme des éléments de charpente en particulier), afin de limiter les pertes de charge.

e) Extraction par le faîte et entrée d'air par les côtés (Fig. 69).

Dans ce système, les ventilateurs extraient l'air par des cheminées disposées au faîte du toit, les entrées d'air étant ménagées symétriquement sur les deux côtés de la porcherie.

Son avantage principal est d'avoir la disposition des porcheries à ventilation statique, ce qui permet, en cas d'interruption du courant, de suppléer au non fonctionnement des appareils. Ce système présente cependant le défaut d'être très sensible au vent. Il est, en effet, pratiquement impossible d'obtenir le même débit de chaque côté du bâtiment.



Fig. 69 (2)

En outre, du fait de l'extraction par le haut, il a le désavantage en hiver d'évacuer d'abord l'air chaud. Cet inconvénient peut être éliminé en plaçant une gaine verticale qui vient prendre l'air près du sol, cette gaine pouvant être supprimée en été (Fig. 69).

La figure 70 montre une variante de l'extraction par le faite en utilisant une cheminée double qui permet un recyclage automatique de l'air.

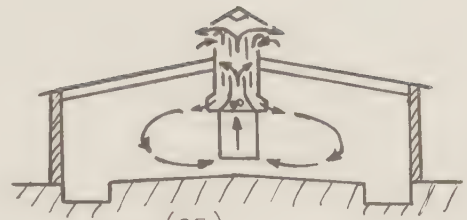


Fig. 70 (25)

f) Ventilation en dépression par aspiration au niveau de la fosse ou des canaux à lisier (2, 8, 9, 10, 17, 22, 25, 27, 30).

Cette conception est à la fois la plus récente et la plus importante. Le cas des porcheries à caillebotis est tout à fait spécial et demande une conception particulière et parfaite du système de ventilation, car l'évacuation de l'air vicié effectuée par aspiration au niveau du caillebotis doit être permanente, minimale et suffisante, même par temps froid.

1. Pour les porcheries à caillebotis intégral, il existe de très nombreuses variantes ; on peut, cependant, décrire quelques installations qui fournissent une ventilation correcte.

..Le type "Finistérien" (27) (Fig. 71 et 72).

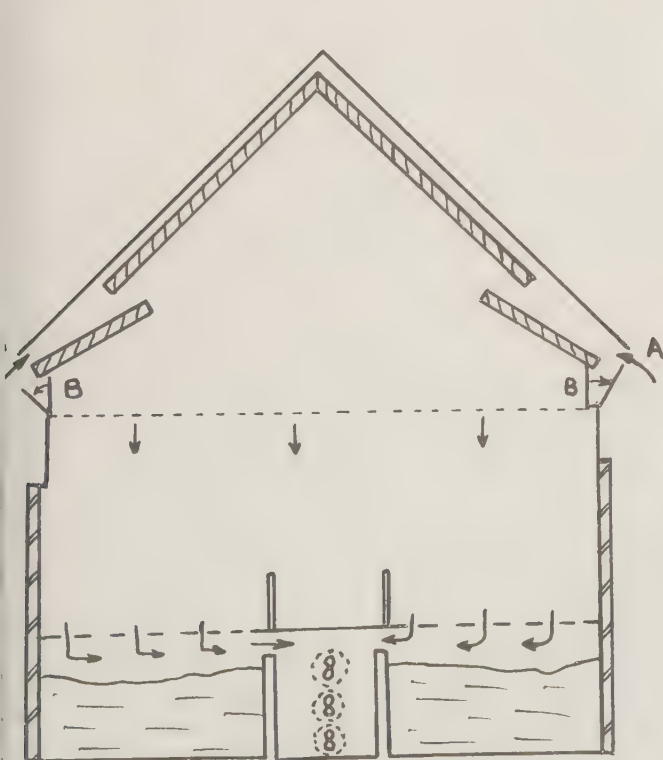


Fig. 71

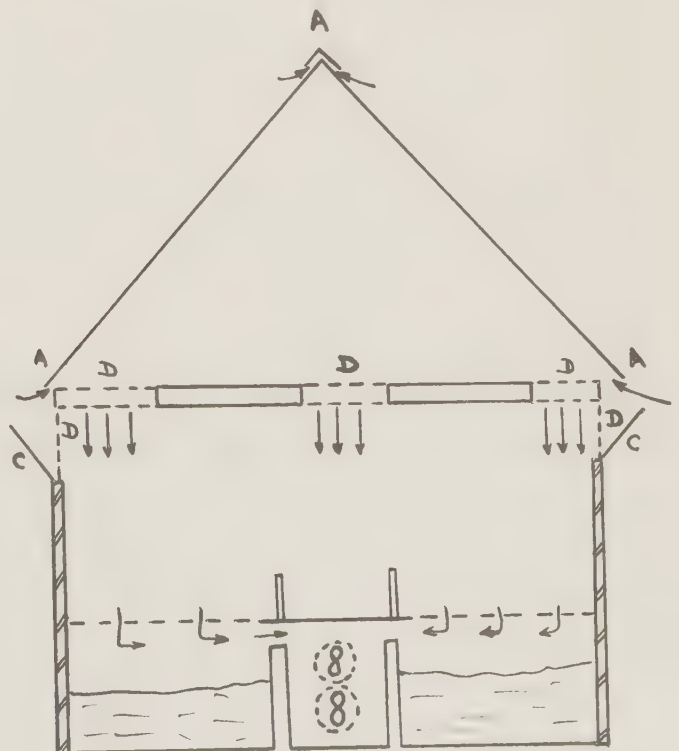


Fig. 72

Il est caractérisé par un tamissage des entrées d'air, un grand volume d'air et une extraction basse par la fosse.

Dans le système de la figure 71, la toiture est isolée. En hiver, l'air

entre uniquement par les trous d'onde (A), se réchauffe, passe à travers la toile à mailles fines et est extrait par la fosse par une gaine centrale avec 3 ou 4 extracteurs réglés en cascade à chaque extrémité de la gaine. En été, l'entrée d'air se fait par les volets (B).

Dans le système de la figure 72, la toile fine est remplacée par un sous-plafond muni de plaques d'isorel perforé (D). En hiver, l'air entre uniquement par les trous d'onde (A). En été, les volets (C) sont ouverts et l'air passe à travers les plaques d'isorel perforé (D).

. La figure 73 représente une installation fréquemment rencontrée (17).

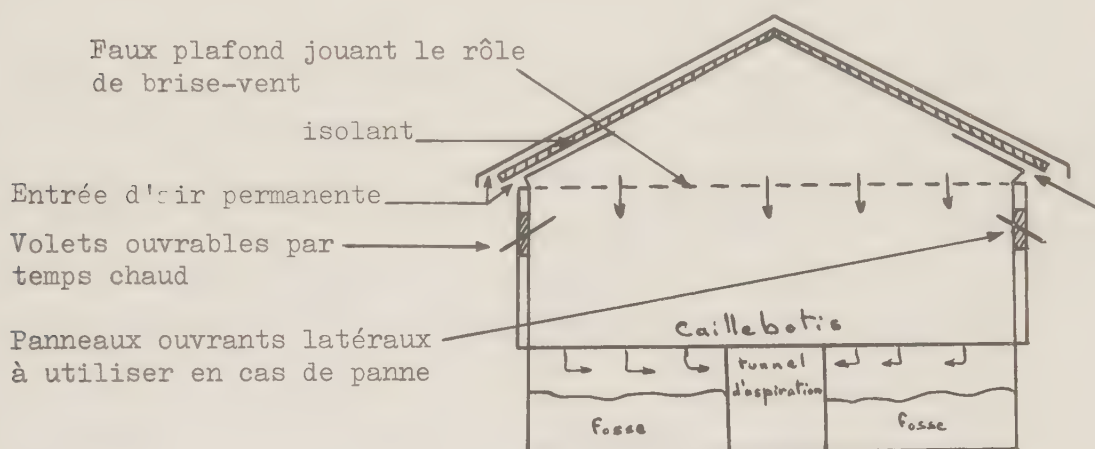
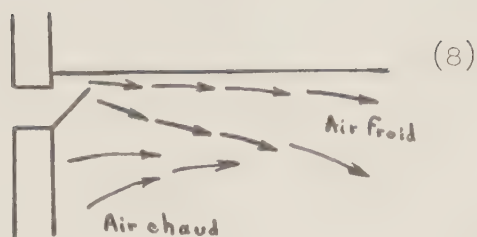
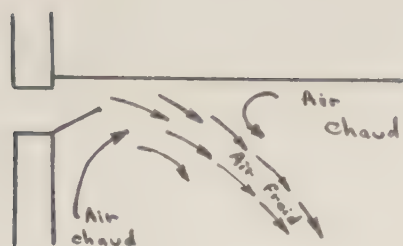


Fig. 73

* L'entrée d'air frais peut aussi avoir lieu simplement au niveau du couloir central après passage sous le toit et à travers un filet brise-vent (Fig. 73).

* Il est aussi possible d'utiliser pour cette entrée d'air frais, soit une cheminée en faitage avec plaque d'électrice, soit une gaine centrale horizontale d'admission sous toiture, soit des panneaux ouvrants dans le faux-plafond. Mais ces systèmes ne permettent pas une diffusion aussi régulière de l'air frais pré-réchauffé que le système de diffuseur (plaque perforée, toile à mailles fines ou grille à mailles serrées). Néanmoins, ils sont nettement plus satisfaisants que les ouvertures latérales (fenêtres, panneaux ouvrants) qui sont à déconseiller ; car, si l'ouverture est trop grande par rapport au débit, l'air froid entre lentement et descend directement, causant un courant d'air froid. Si l'ouverture est bien ajustée, l'air froid entre rapidement et se dirige le long du plafond où il se mêle à l'air chaud. Mais ceci est difficilement réalisable parce qu'il faut



dans ce cas diriger l'air froid vers le haut et qu'il entre à grande vitesse (4 à 5 m / s) pour qu'il se mélange convenablement à l'air chaud de la porcherie avant de retomber au niveau des animaux.

Il faut éviter également les trous dans la toile du faux plafond, car ils entraînent inévitablement un courant d'air à leur niveau.

Par ailleurs, dans de nombreuses porcheries, l'entrée d'air est bien située au-dessus du faux plafond, mais l'isolation sous la toiture n'existe pas. Il en résulte un réchauffement de l'air frais en été, ce que l'on veut justement éviter. Cet échauffement est important lorsque le volume d'air situé au-dessus du faux plafond est faible (Fig. 74). Par contre, il est négligeable lorsqu'il existe un grand volume d'air bien ventilé (Fig. 75). Il existe donc deux solutions pour la ventilation d'été :

- Faire entrer l'air directement par des panneaux latéraux ouvrants. Cette solution présente les inconvénients cités précédemment et est peu pratique, car au printemps et en automne, l'éleveur doit ouvrir les panneaux vers 9 - 10 heures du matin et les fermer le soir vers 18 heures.

- Faire entrer l'air au-dessus d'un faux plafond bien ventilé.

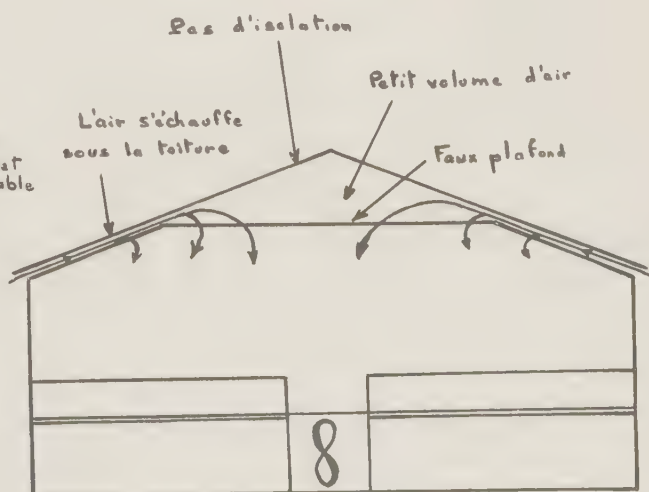
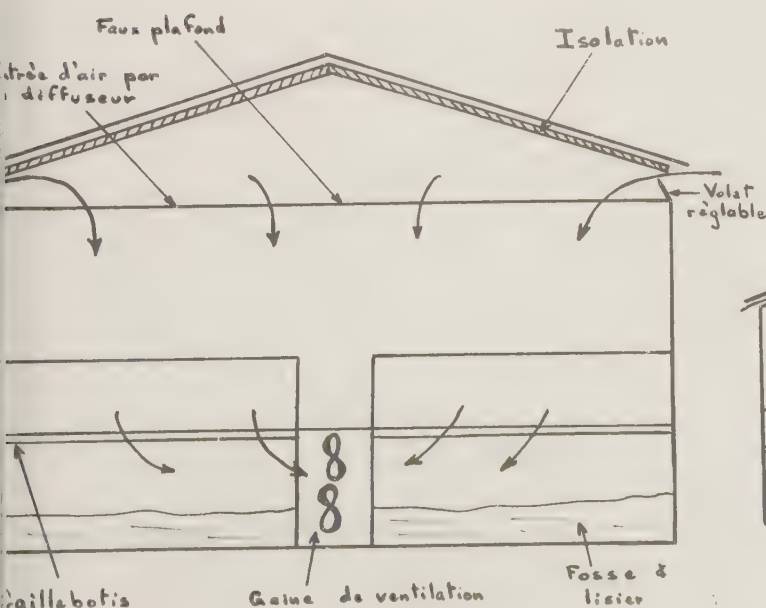


Fig. 74 (8)

Le système de ventilation type d'une porcherie à caillebotis intégral peut donc être le suivant : Figure 75.

- Entrée d'air frais au-dessus du faux plafond et au-dessous de l'isolant de sous-toiture ;
- Passage de l'air neuf à travers le faux plafond par un diffuseur ;
- Extraction de l'air vicié sous le cailleboits par des gaines de ventilation appropriées.

En ce qui concerne les trous de communication entre la fosse à lisier et la gaine de ventilation, ils doivent être construits de telle façon que le débit soit correct et que l'extraction d'air soit uniforme dans le bâtiment.

Des mesures effectuées dans plusieurs porcheries où la vitesse d'air dans la gaine était de l'ordre de 4 m / s ont permis de définir la disposition à adopter :

- Soit un trou par case de dimension croissante à partir des ventilateurs : hauteur de 20 cm et largeur (cm) : 26 26 27 29 32 35 37 38 39 40 40 40.
- Soit un trou pour 2 cases de 20 cm de hauteur et de largeur en cm : 52 57 67 75 80 80.

Le graphique (Fig. 76) permet de déterminer la dimension du trou en fonction de son éloignement par rapport au ventilateur ⁽⁸⁾.

Plusieurs erreurs sont à éviter pour l'extraction au niveau du caillebotis.

Pour évacuer les gaz de la fosse à lisier sans refroidir la porcherie, en hiver, certains éleveurs ont pensé réaliser la ventilation en court-circuit du schéma a. En fait, dans la ventilation effective, l'air emprunte le circuit du

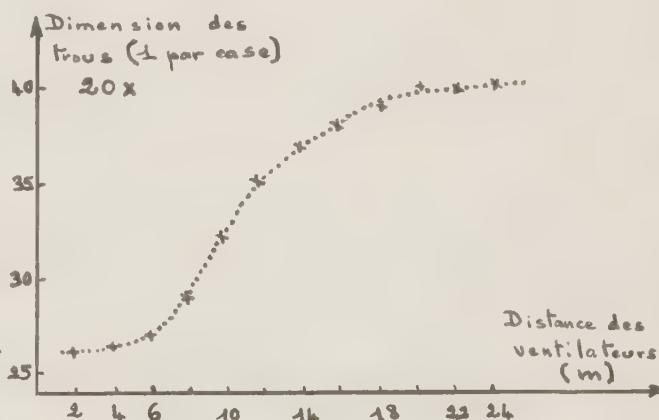


Fig. 76 (8)

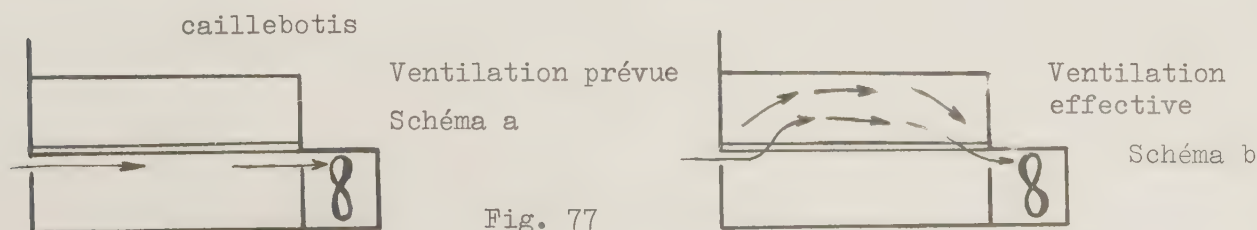


Fig. 77

schéma b et refroidit l'aire de couchage des animaux. Le même phénomène peut se

produire lorsque l'évacuation des déjections est effectuée par écoulement continu ou par des raclettes.

Plusieurs systèmes de ventilation sont déficients parce que la gaine d'extraction est trop petite. Il faut respecter les normes suivantes : (Tab. IX) ci-dessous.

Nombre de pores	Débit maximum (m^3 / h)	Dimension de la gaine (m^2)
100	12 000	0,60 soit 1 m $\times$ 0,60
200	24 000	1,20 soit 1 m $\times$ 1,20
300	36 000	1,80 soit 1 m $\times$ 1,80
400	48 000	2,40 soit 1 m $\times$ 2,40

Ces dimensions sont à diviser par 2 s'il y a des ventilateurs aux 2 extrémités de la gaine.. Il n'existe pas de dimension maximum : plus la gaine est grande, meilleur est le rendement des ventilateurs.

Il faut aussi éviter les rétrécissements brusques dans la gaine qui créent des obstacles à la circulation de l'air. Ces rétrécissements (Fig. 78), souvent dus à des renforts, peuvent réduire de plus de 15 % le débit maximum des ventilateurs et ainsi diminuer très sensiblement le rendement du système de ventilation.

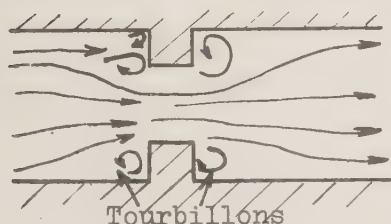


Fig. 78

Pour obtenir un débit maximum, l'air ne doit pas être freiné à la sortie. Malheureusement ce souci n'est pas toujours présent lors de la construction d'une porcherie et les erreurs sont nombreuses.

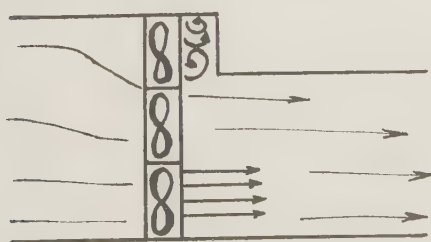


Fig. 79

.. Un ventilateur placé juste en face d'une paroi. L'air sortant parallèlement à l'axe du ventilateur, le premier ventilateur a dans ce cas un débit pratiquement nul. Le courant d'air créé par le ventilateur est stoppé par la paroi qui se trouve juste en face.

. Les ventilateurs se trouvent dans une fosse trop étroite.

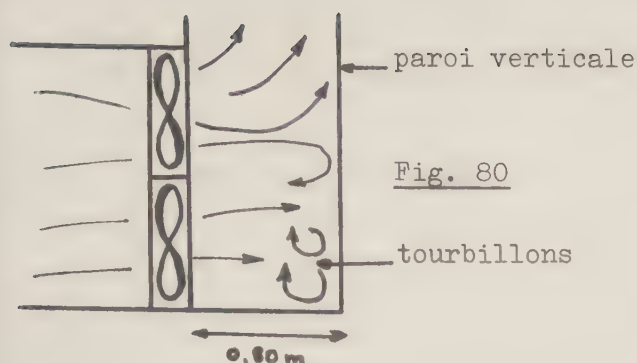


Fig. 80

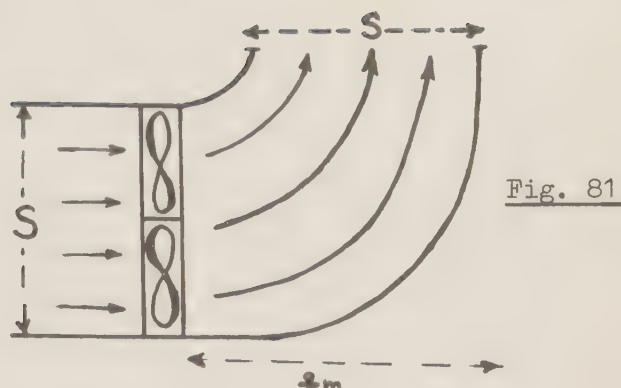


Fig. 81

Les ventilateurs en bout de gaine sont souvent placés au-dessus du niveau du sol. Une fosse de sortie d'air est construite, mais elle est souvent trop petite (Fig. 80). La paroi verticale qui fait face aux ventilateurs doit se trouver à 2 mètres de distance (Fig. 81).

De même l'angle doit être arrondi pour éviter les tourbillons qui peuvent à eux seuls diminuer de 5 % le débit des ventilateurs.

. La sortie d'air est trop petite.

Ce défaut est très fréquent. Ainsi dans certaines porcheries une cheminée est construite pour évacuer les gaz viciés. Mais la section de cette cheminée est souvent trop petite (Fig. 80) car elle doit avoir les mêmes dimensions (S) que la gaine de ventilation (Fig. 81).

. La sortie d'air est partiellement bouchée.



Fig. 82

Lorsque les ventilateurs se trouvent dans une fosse, il est indispensable de prévoir une protection pour éviter les accidents, mais il ne faut cependant pas boucher la sortie d'air à l'aide d'un caillebotis béton, d'une dalle ou de planches. L'accès de la fosse peut être protégé par une grille métallique dont les barreaux sont constitués de fers plats disposés verticalement (Fig. 82).

. La sortie est recouverte par une toiture mal orientée.

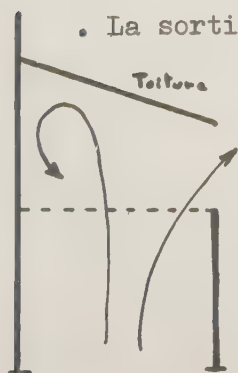


Fig. 83

La sortie d'air schématisée sur la figure 83 est relativement fréquente car il est facile de disposer une toiture en appenti de la porcherie. Mais cette figure montre clairement que le circuit d'air est mauvais. Pour l'améliorer, il suffit de placer une tôle sous la toiture (Fig. 84).

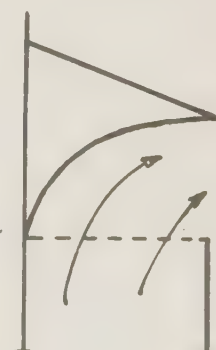


Fig. 84

Mais cette solution ne peut être recommandée que si la sortie d'air est bien abritée. Sinon il vaut mieux faire sortir l'air latéralement (Fig. 85) et non en façade.

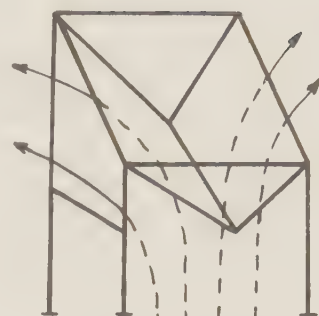


Fig. 85

Il est important de tenir compte de tous ces détails car les ventilateurs utilisés normalement ont des débits importants pour la puissance consommée, mais ils ne peuvent être utilisés que dans des circuits où les pressions à vaincre sont faibles. Chaque obstacle présent dans ces circuits entraîne une augmentation de la pression (ou de la dépression) et fait chuter le débit des ventilateurs (8).

2. Cas des porcheries à caillebotis partiel.

Les exigences en matière de ventilation sont sensiblement les mêmes que celles des porcheries à caillebotis intégral. Parmi les nombreuses variétés existantes de conception de la ventilation des porcheries à caillebotis partiel, on peut en citer quelques unes qui semblent donner le plus de satisfaction.

* Extraction latérale avec hotte aspirante au-dessus du caillebotis (Fig. 86).

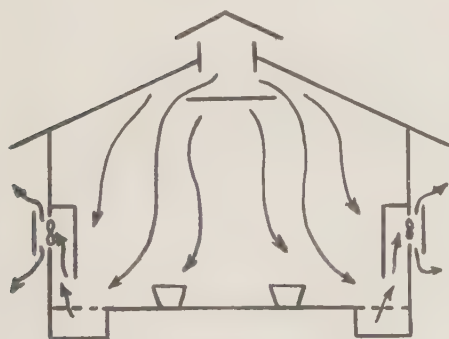


Fig. 86 (30)

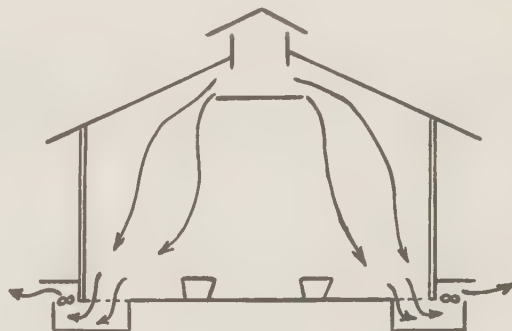


Fig. 87 (30)

* Variante avec extraction sous caillebotis au niveau du sol (Fig. 87).

Le système d'admission d'air frais de ces deux conceptions ne donne pas toujours une répartition uniforme de l'air dans le local.

* Cheminée latérale d'extraction (Fig. 88).

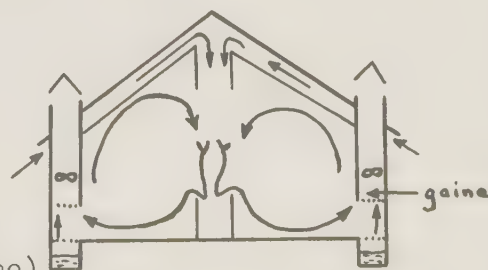
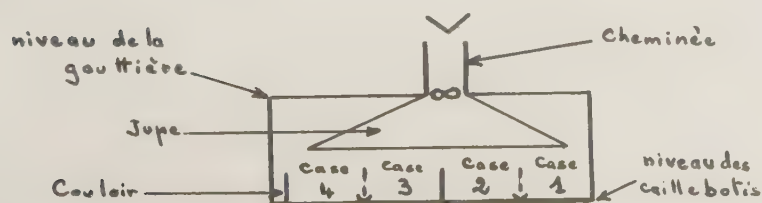


Fig. 88

(22)

Vue de face de la gaine d'extraction

La gaine de ventilation est placée au-dessus du couloir de déjections. Les ventilateurs sont installés dans une cheminée qui joint la gaine de ventilation au toit. Si les caillebotis sont disposés au centre de la porcherie, une seule cheminée centrale peut suffire avec entrées d'air latérales ou par le faux plafond selon la saison.

* Extractions basse et haute associées (Fig. 88 bis).

Il faut remarquer que l'extraction basse est une nécessité avec les caillebotis, mais il n'est pas nécessaire qu'elle soit la seule. D'autres systèmes de ventilation (statique ou dépression) peut être associés à cette extraction au niveau du caillebotis et les résultats obtenus sont même souvent meilleurs.

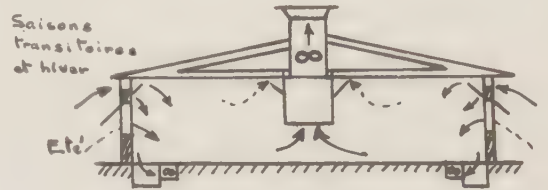


Fig. 88 bis (25)

* L'extraction sous les caillebotis peut se faire par deux gaines ou par une gaine centrale à l'aide de buses débouchant sous les caillebotis.



Fig. 89 (2, 10, 30)

* Extraction par deux gaines latérales extérieures longeant la porcherie avec aspiration de l'air vicié par des trous placés en paroi (Fig. 90) (9, 22). Ce système peut être considéré comme un système type de ventilation d'une porcherie à caillebotis partiel.

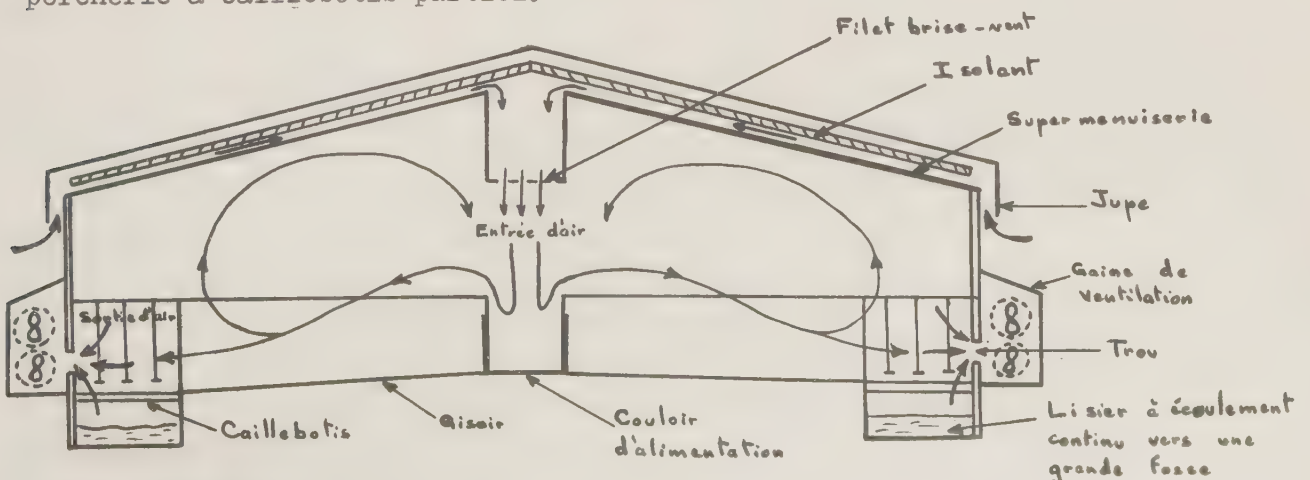


Fig. 90 (2, 22)

L'air entre par une jupe latérale et longe le toit avant de descendre par

le centre de la porcherie en traversant un filet brise-vent. L'air extérieur ne tombe donc pas directement sur les porcs ; de plus, l'admission d'air a lieu bien au-dessus du couloir central d'alimentation.

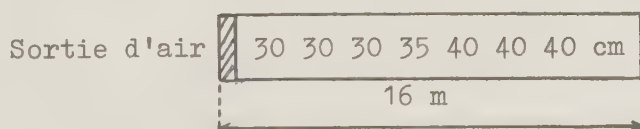
L'air qui coule le long du toit est séparé de la toiture (fibro, tôles) par l'isolant. Il n'est donc pas surchauffé en été au contact d'une toiture brûlante sous le soleil ou au contraire refroidi en hiver. Par contre, par temps froid, l'air s'échauffe à travers la supermenuiserie avant de descendre sur les animaux.

Le gisoir est entouré de murs pleins, ce qui évite les courants d'air au niveau de l'aire de couchage. Mais une cloison à claire voies séparent 2 cases au niveau de l'aire de déjections : ceci pour établir le contact avec ses congénères quand il fait ses déjections et augmenter les vitesses d'air au niveau des caillebotis.

Ainsi les circuits d'air délimitent une zone calme au-dessus du gisoir : bien ventilée mais à faible vitesse d'air. Le porc cherche alors le confort du gisoir pour dormir. Au contraire, la sortie d'air au-dessus des caillebotis crée "un courant d'air" à ce niveau. Ainsi l'aire de déjections n'est pas confortable pour le repos du porc ; par contre, elle constitue une zone froide où il fait volontiers ses déjections.

Par ailleurs, grâce à ces installations, les variations de température (dues aux conditions atmosphériques) au niveau du porc sont faibles et les porcs ne vont pas coucher sur les caillebotis et restent propres. En effet, aux moments les plus chauds de la journée, la température s'élève dans la porcherie, mais dans des limites acceptables en rétablissant l'impression de confort par augmentation du débit des ventilateurs, donc de la vitesse d'air. Les porcs ne dorment pas sur les caillebotis parce que la température est à peu près la même que sur le gisoir et les ventilateurs sont réglés de telle sorte que le gisoir soit confortable et que la vitesse d'air soit suffisamment élevée au niveau des caillebotis pour créer une impression de froid. Le phénomène similaire se produit

quand il fait frais à l'extérieur. Les trous sont disposés en face des cases, un trou par case et leur dimension peut être la suivante :



avec une hauteur de 20 cm pour tous. Ces valeurs représentent celles qu'il faut théoriquement adopter. Mais en pratique quand la longueur de la gaine ne dépasse pas 20 m, il est possible de placer des bouches identiques par case (soit 20 x 40 cm par exemple). Dans ce cas, une légère erreur est commise mais elle est

minime et sans conséquence grave sur l'ambiance générale du bâtiment. Le bord inférieur des trous est généralement situé à 0,35 m au-dessus du caillebotis (9, 22).

Toutefois, cette conception est parfaitement efficace pour les porcheries à caillebotis partiel, mais elle est insuffisante pour les porcheries à caillebotis intégral où les gaines d'aspiration sous les caillebotis sont une nécessité.

6° - Avantages et inconvénients de la ventilation par dépression.

Elle a pour elle les avantages suivants :

- Des installations plus faciles que pour la ventilation par surpression (surtout du fait de l'absence de gaines possible dans certains cas) ;
- Un coût de réalisation souvent plus réduit que celui de la ventilation par surpression ;
- Un coût de fonctionnement moindre aussi ; donc, en général, la ventilation par dépression est moins coûteuse en investissements et en frais journaliers que la ventilation par surpression ;
- Une vitesse d'air généralement plus faible au niveau des animaux ; ce fait est d'autant plus intéressant pour les porcheries à caillebotis intégral ;
- La possibilité d'une mise en place adaptée à diverses conceptions de bâtiments ; les ventilateurs peuvent être placés en des endroits variés, à différents niveaux dans un même bâtiment ;
- Une certaine liberté est aussi laissée dans le choix des entrées de l'air de renouvellement (périodes froide ou chaude) ;
- Une facilité plus grande pour insuffler dans le local de l'air préréchauffé, l'hiver, lorsqu'il y a un faux plafond ;
- La possibilité, dans les porcheries sur caillebotis, de l'extraction de l'air vicié, et notamment des gaz lourds, au niveau de la partie supérieure de la fosse à lisier. C'est le point fort de cette technique avec l'extension actuelle du caillebotis intégral, où les extracteurs en partie basse sont soit exclusifs, soit complémentaires mais jouent toujours un rôle de sécurité ;
- La possibilité donc d'une meilleure extraction des gaz nocifs ;
- Enfin, c'est la méthode la plus simple et la plus répandue de ventilation dynamique.

Par contre, elle offre quelques inconvénients :

- Elle peut être notablement influencée par les conditions climatiques extérieures (selon que le vent exerce ou non une surpression allant à l'encontre du fonctionnement des ventilateurs en l'absence de protections extérieures) ;
- Elle peut favoriser les courants d'air, surtout dans les porcheries à caillbotis intégral où le porc couché a la sensation d'inconfort ;
- Le recyclage de l'air est impossible ou très difficile ;
- La régulation de l'ambiance est plus difficile et le chauffage d'appoint souvent plus important qu'avec la ventilation par surpression (6, 10, 31).

III - LA VENTILATION PAR SURPRESSION (2, 5, 6, 10, 14, 25, 30, 31).

1° - Définition.

L'air extérieur est aspiré par des ventilateurs qui le pulsent à l'intérieur du local selon des directions et des vitesses variables, soit directement par des ventilateurs-caissons, soit indirectement après répartition dans des gaines. Cet air soufflé dans la porcherie en est expulsé sous l'effet de la surpression par des orifices d'évacuation convenablement calculés, à partir desquels il peut être ou non recyclé partiellement.

2° - Les caractéristiques de la ventilation par surpression.

Ce système permet une meilleure maîtrise de la direction de la veine d'air frais, mais il est plus difficile d'en contrôler la vitesse. Aussi pour éviter de provoquer des courants d'air trop rapides et pour obtenir une répartition homogène de l'air pulsé, il est largement recommandé de mettre en place une amorce de gaine, ou, mieux encore, un conduit sur toute la longueur du bâtiment. On peut même dire que ces gaines de diffusion sont une nécessité, car sinon, en hiver, les jets d'air pulsé ont tendance à s'incurver vers le bas après un parcours de 1 à 2 mètres et à tomber sur les porcs ; ce qui risque de provoquer de graves ennuis de santé pour les porcs.

La gaine de répartition, construite en tôle ou mieux en bois ou en amiant-ciment, doit avoir une section décroissante à mesure qu'elle s'éloigne du ventilateur afin de compenser les volumes d'air émis dans la partie en amont. La contraction doit s'opérer par convergence dont l'angle ne doit pas dépasser 30°. La vitesse d'air admissible dans la gaine est de l'ordre de 3 à 5 m / s. La section des orifices de distribution répartis tout le long de la gaine doit être calculée en admettant une vitesse d'air voisine de 1 à 2 m / s, plus rarement 0,5 m / s à la sortie de la gaine.

On préfère souvent utiliser un seul ventilateur de grosse puissance avec une gaine de formes diverses sur laquelle des éléments diffuseurs réglables ou non permettent de bien distribuer l'air neuf. Cependant il faut éviter les rétrécissements brutaux, les courbures accentuées et toutes les autres causes pouvant entraîner des pertes de charge considérables. Aussi si les conditions d'utilisation sont défavorables, il vaut mieux installer plusieurs gaines avec plusieurs ventilateurs.

Ces gaines peuvent éventuellement être utilisées pour un chauffage par air pulsé permettant de combiner le chauffage et la ventilation. Le chauffage à l'air chaud pulsé consiste à réchauffer de l'air à travers un échangeur de chaleur et à le pulser par un ventilateur à travers un réseau de distribution dans le local. Les gaines de répartition permettent alors d'assurer une bonne répartition des calories. Selon l'énergie et la méthode de chauffage utilisées, l'échange de chaleur peut être direct (gaz brûlé-air avec le fuel et le gaz ou la résistance électrique : aérotherme avec l'électricité) ou indirect (eau chaude ou vapeur-air). Dans certains cas, cet air chaud pulsé peut être mélangé avec l'air frais de la ventilation, ce qui permet un soufflage d'air tiède.

On peut également utiliser un système de recyclage d'air qui permet aussi un soufflage d'air toujours tiède et un meilleur brassage dans le bâtiment, d'où moins de risques d'avoir des zones mortes et des accumulations de gaz nocifs.

Ce procédé de ventilation peut aussi permettre d'effectuer des traitements de l'air soufflé : l'humidification de l'air par vaporisation appropriée d'eau au niveau du ventilateur est un moyen efficace de lutte contre la chaleur en été ; la déshumidification de l'air en hiver, la dispersion d'aérosols, la filtration et l'élimination des poussières ainsi que la limitation des odeurs par différentes techniques sont des traitements réalisables au niveau des ventilateurs par des appareils particuliers.

Pour la section des ouvertures d'évacuation, on compte généralement une surface de 0,25 à 0,32 m² par m³ / s de débit. Ces ouvertures de sortie de l'air vicié doivent être placées du côté opposé aux vents dominants ou, tout au moins, protégées par des déflecteurs et des coupe-vents. Il est aussi préférable qu'elles soient munies de volets anti-retour. Leur disposition est fréquemment en partie basse sur les longs-pans.

3° - Les différentes conceptions de ventilation par surpression.

a) Le simple balayage transversal (Fig. 91).

L'air neuf est soufflé par des ventilateurs muraux situés en partie haute de la paroi longitudinale soumise au vent dominant. L'air vicié est repris par des ouvertures placées, le plus souvent, en partie basse sur le long-pan opposé. C'est exactement le système inverse de la ventilation par dépression. Ce système ne peut toujours être satisfaisant que pour des bâtiments de faible largeur (< 10 m).

Or, le principal inconvénient du système en surpression est d'accroître le phénomène de pénétration de l'humidité à travers les parois, surtout en hiver où l'hygrométrie de l'air est plus élevée. Pour éviter cet inconvénient, on peut employer des ventilateurs muraux pivotant, travaillant en surpression l'été et en extraction l'hiver.

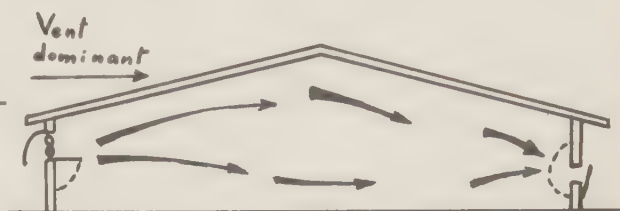


Fig. 91 (2)

b) Ventilateurs et ouvertures d'évacuation sur la même paroi.

Dans cette disposition particulière (Fig. 92), l'air neuf est pulsé dans la partie supérieure de la porcherie vers la paroi opposée et il revient au niveau des animaux après avoir perdu de sa vitesse et s'être réchauffé. Cette technique ne peut être à peu près efficace que pour des bâtiments de faible largeur.

Il est possible d'utiliser des ventilateurs placés dans une caisse métallique formant chambre de mélange. A l'intérieur du caisson, un volet inclinable permet de recycler l'air intérieur. Ces deux systèmes (a et b) ne sont pas à conseiller,

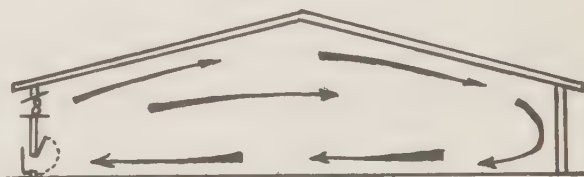


Fig. 92 (2)

car, ne possédant pas de système de gaines, la répartition de l'air dans le local est plus ou moins régulière et uniforme.

c) Ventilateurs pulsant l'air neuf au-dessus d'un faux plafond (Fig. 93).

L'air soufflé s'écoule par le faux plafond, passe par les cases et est expulsé par des orifices muraux sur les deux longs-pans. Ce système, bien que n'utilisant pas de gaines de distribution de l'air neuf, permet une diffusion lente et à peu près homogène de l'air pulsé.

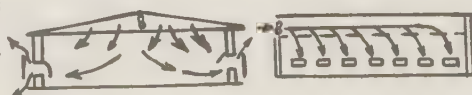


Fig. 93 (2, 10)

d) Gaine centrale de diffusion.

L'air extérieur est aspiré à une extrémité du bâtiment et forcé le long

d'une canalisation centrale, pourvue, de place en place, de bouches qui réduisent sa vitesse (les pertuis très nombreux sont préférables). L'air passe par les cases pour être évacué par les ouvertures latérales (Fig. 94) ou sous le caillebotis (Fig. 95). Cet air vicié peut aussi être évacué entre la toiture et le sous-plafond d'où il sort à l'extérieur par une cheminée en faîtage (Fig. 96).

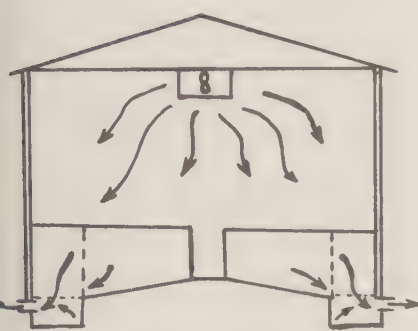


Fig. 95 (10)

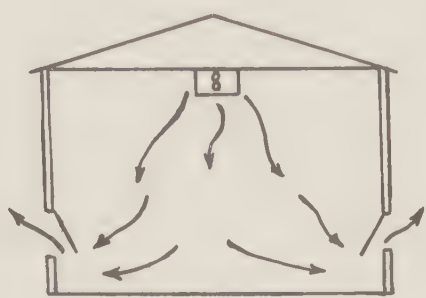


Fig. 94 (2, 10)

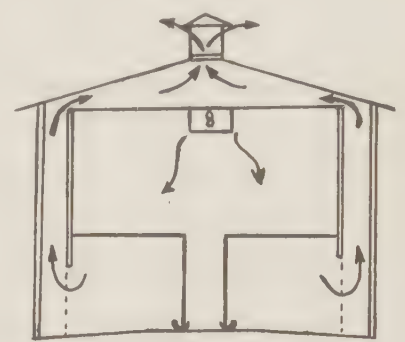


Fig. 96 (6)

e) Gaine latérale de diffusion en partie haute sur un long-pan avec ventilateurs à une ou aux deux extrémités et orifices d'évacuation en partie basse sur le long-pan opposé (Fig. 97).

f) Cheminée en faîtage.

L'air est aspiré puis pulsé dans le local (avec des plaques déflectrices) par des cheminées disposées le long du faîte du bâtiment. L'air vicié peut sortir en totalité ou en partie par des ouvertures dans les parois longitudinales. Mais un dispositif particulier peut être installé à hauteur du plafond ; ce dispositif est pourvu d'un clapet, commandé par thermostat, qui permet le recyclage d'une partie de l'air intérieur chaud en le mélangeant avec l'air frais extérieur (Fig. 98).

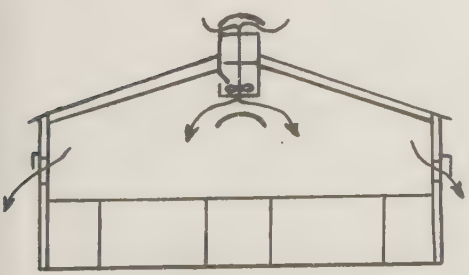


Fig. 98 (6)

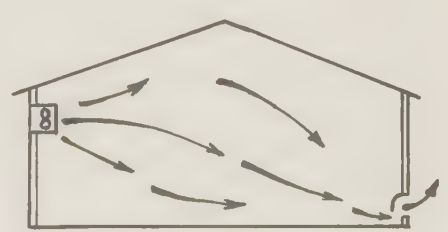
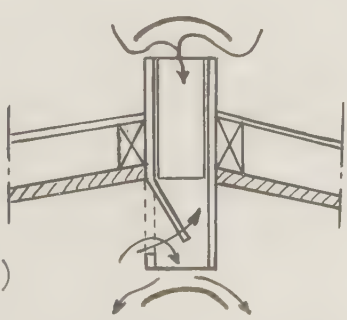


Fig. 97 (2, 10)

Elle présente les avantages suivants :

- Une plus grande indépendance de fonctionnement vis-à-vis des conditions extérieures (force et surtout direction des vents). Cet avantage est surtout sensible lorsque, par rapport à la ventilation par dépression, les entrées d'air sont latérales ;
- Un meilleur contrôle des conditions d'ambiance du fait :
 - . de l'indépendance vis-à-vis des conditions extérieures,
 - . d'un contrôle avec plus de précision des vitesses et des directions de l'air pulsé grâce aux gaines,
 - . de l'élimination des entrées d'air parasites résultant d'une non-étanchéité et de la manoeuvre des portes ; tout l'air admis dans le local provient du circuit de ventilation. La ventilation par surpression permet donc une plus grande facilité pour assurer une bonne répartition de l'air dans le local.
- La possibilité de traiter l'air admis dans le bâtiment :
 - . chauffage : air chaud pulsé ou air tiède pulsé,
 - . filtration : l'élimination des poussières joue un rôle primordial pour diminuer le microbisme ambiant et les nuisances olfactives ,
 - . humidification pour rafraîchir l'ambiance en été,
 - . déshumidification en hiver,
 - . pulvérisation d'aérosols, ce qui sera peut-être la méthode d'avenir pour le traitement ou la prophylaxie (vaccins) des maladies respiratoires du porc.
- La possibilité aussi d'un recyclage partiel de l'air du local permettant un réchauffement de l'air de renouvellement, et donc une plus grande homogénéité des conditions d'ambiance.
- En période chaude, la circulation accélérée de l'air, même chaud, permet de donner aux animaux une sensation de confort ; il est aussi possible d'orienter le débit d'air directement sur eux.
- En porcheries sur caillebotis et fosses à lisier, l'évacuation de l'air peut se faire par des orifices placés sous le caillebotis, ce qui empêche la remontée des gaz et des odeurs. De façon générale et surtout lors de la vidange des canaux ou de la fosse à lisier, ces remontées sont contrariées par la surpression régnant dans tout le bâtiment. Ce procédé est sans doute celui qui assure virtuellement le meilleur contrôle de l'ambiance.

Cependant, il faut tenir compte de quelques inconvénients non négligeables :

- Ce procédé accentue la pénétration de l'humidité dans les parois, sur-

tout en période froide, d'où la nécessité de bien réaliser l'étanchéité des parois et leur protection intérieure pour conserver leur qualité isolante.

- L'installation est généralement plus coûteuse que celle du système en dépression, surtout du fait des gaines de distribution d'air.

- Le brassage de grandes quantités d'air est nécessaire et relativement coûteux. Et il entraîne des vitesses d'air assez fortes qui sont en hiver défavorables.

- La consommation d'énergie est légèrement plus importante du fait des conditions de travail des installations (pressions statiques plus élevées).

- Bien que le système permette d'assurer l'évacuation de l'air par des orifices placés sous le caillebotis, il est prudent, voire parfois nécessaire, d'adjoindre des ventilateurs extracteurs au niveau des fosses.

C'est probablement à cause de ses coûts d'installation et de fonctionnement largement plus élevés que la ventilation par surpression semble actuellement moins répandue que la ventilation par dépression. Néanmoins, des expériences récentes semblent donner des avis favorables pour la ventilation par surpression. Toutefois, à l'heure actuelle le problème surpression ou dépression n'est pas tranché : les deux techniques sont valables et donnent de très bons résultats. Il y a certainement plus de différence entre des installations faisant appel à la même technique mais plus ou moins bien réalisées, qu'entre deux réalisations bien conçues mais de type différent ⁽³¹⁾.

IV - LA VENTILATION MIXTE (2, 10, 25, 31, 32).

1° - Définition.

C'est une combinaison des deux systèmes précédents, où l'air est pulsé dans le local par des ventilateurs fonctionnant en surpression ; et il est ensuite extrait par des ventilateurs fonctionnant en dépression. Ce procédé donne donc la possibilité de débits importants et permet un contrôle aisé des conditions désirées du fait de l'égalité des pressions extérieures et intérieures.

2° - Les différents systèmes de ventilation mixte.

Quel que soit le système, il s'agit toujours d'une ventilation dynamique par pulsion et extraction combinées, mais les circuits d'air peuvent varier.

a) Par simple balayage : Fig. 99.

Les ventilateurs en surpression sont installés sur un long-pan (de préférence en partie haute et du côté face au vent dominant). Les ventilateurs ex-

tracteurs sont situés sur le pan opposé, le plus souvent en partie basse, ou mieux, au-dessus ou au-dessous des caillebotis. Il est largement conseillé d'utiliser cette technique lors de la vidange des canaux ou des fosses à lisier. Il faut placer un extracteur à débit réel important au niveau des canaux ou des grands orifices d'accès à la fosse, afin de mettre la fosse en très forte dépression et d'empêcher toutes dispersions des gaz toxiques. Pour les bâtiments

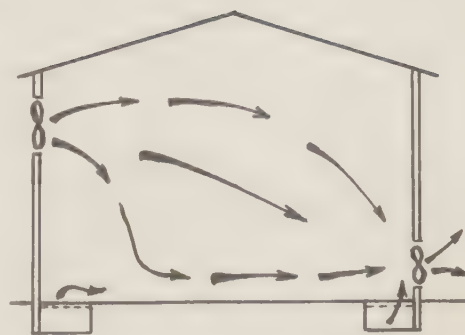


Fig. 99

multiples, il est facile de disposer d'un extracteur mobile, spécial à ce problème. Pour les porcheries isolées, il est possible de prévoir l'un des extracteurs de la salle facilement démontable qu'il est facile d'utiliser pour cet usage lors de ces opérations normalement peu fréquentes ⁽³¹⁾. Pour les bâtiments où existe déjà une extraction au niveau des caillebotis ou des canaux, il est recommandé d'augmenter largement le débit des extracteurs pendant et après la vidange. Des expériences ont montré, que dans le cas de vidange des canaux à lisier 2 fois par jour, il faut accroître sensiblement le débit des extracteurs pendant l'opération et durant une demi-heure après la fin de celle-ci, pour maintenir les teneurs en gaz nocifs satisfaisantes.

b) Pulsion centrale avec diffuseur et extractions latérales (Fig. 100).

Des ventilateurs, placés en pignons et travaillant en surpression, pulsent l'air neuf entre le faux-plafond et la toiture. Puis l'air pénètre dans la porcherie par l'intermédiaire d'une plaque d'isorel perforée de un mètre environ de largeur disposée sur toute la longueur du bâtiment et au centre. L'extraction se fait par des ventilateurs situés de part et d'autre de la porcherie sur les parois longitudinales ⁽³²⁾.

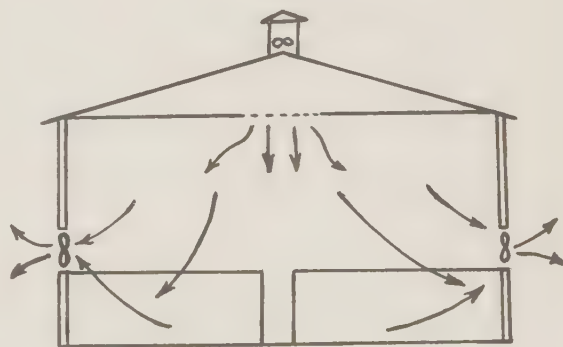


Fig. 100 ⁽³²⁾

c) Gaine centrale de distribution de l'air neuf et extraction sur chaque paroi latérale (Fig. 101).

L'air neuf est pulsé, dans une gaine horizontale, centrale, située sous le faux-plafond sur toute la longueur du bâtiment, par un ou des ventilateurs travaillant en surpression placés à l'une ou aux deux extrémités de la gaine. L'extraction de l'air vicié se fait en partie basse, à la fois au-dessus et au-dessous des caillebotis, sur les deux parois longitudinales du bâtiment.

Ces deux systèmes (b et c) sont à conseiller car ils permettent une bonne répartition de l'air neuf et une bonne évacuation de l'air vicié.

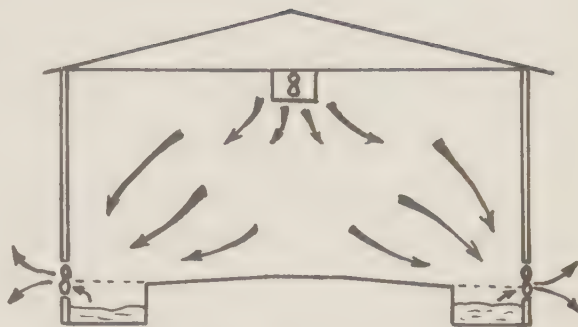


Fig. 101

d) Système de ventilation mixte avec échangeur de chaleur (Fig. 102).

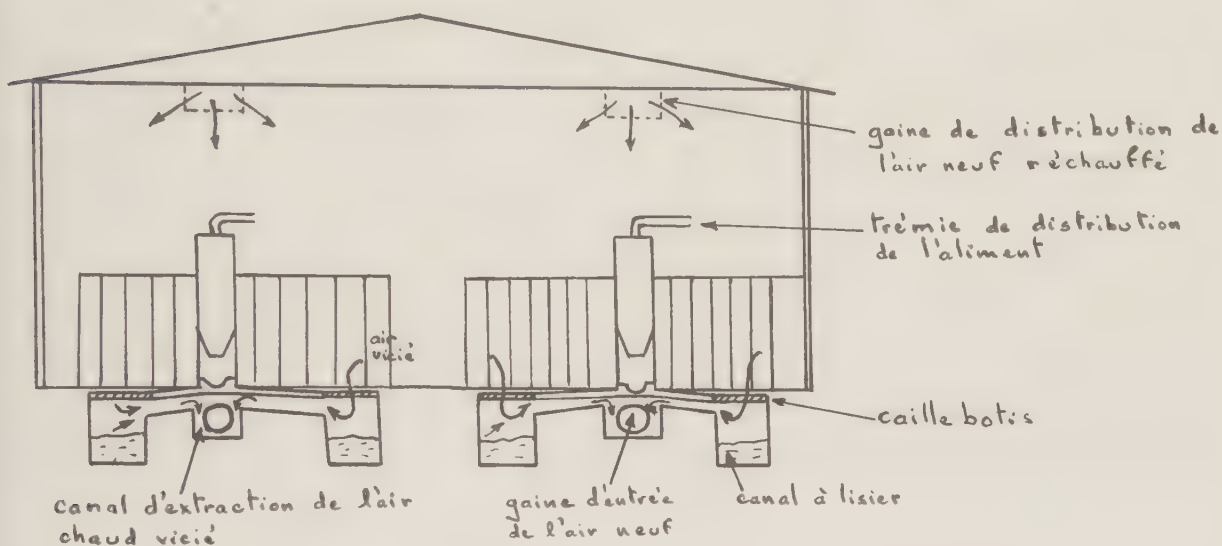


Fig. 102 (10)

L'air est pompé directement dans un tunnel situé sous la porcherie. En hiver, les ventilateurs pulsent cet air dans des canalisations cylindriques situées sous les auges. Ces canalisations d'entrée sont placées au centre d'autres canalisations, de section carrée, servant à l'extraction de l'air vicié (canalisations de sortie).

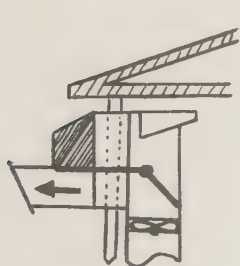
Ce circuit permet un réchauffement de l'air introduit par échange de chaleur à travers la paroi cylindrique. L'air de renouvellement est ensuite pulsé par des gaines de répartition situées au niveau du plafond ; l'orientation des filets d'air est réglable.

En été, l'air de renouvellement est pulsé directement dans les gaines de répartition.

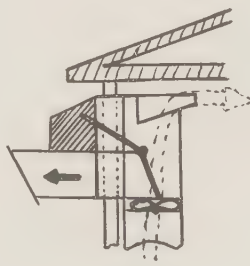
L'air vicié est extrait au niveau de la fosse à lisier, puis passe sous le gisoir (réchauffement du gisoir) et gagne la canalisation de sortie en rapport avec deux ventilateurs extracteurs situés aux deux extrémités.

Ce dernier système semble, à l'heure actuelle, constitué le système idéal pour assurer la régulation parfaite de l'ambiance de la porcherie. Cependant, les coûts d'installation de ce système sont assez élevés. Et, comme pour tous les systèmes de ventilation mixte, les dépenses d'énergie pour le fonctionnement sont aussi nettement plus élevées. Mais on peut considérer que, d'une part, les économies de chauffage réalisées par le réchauffement de l'air de renouvellement et du gisoir, et d'autre part, l'accroissement important des gains résultant des meilleures performances obtenues grâce à une ambiance correcte, compensent largement les dépenses supplémentaires d'installation et de fonctionnement.

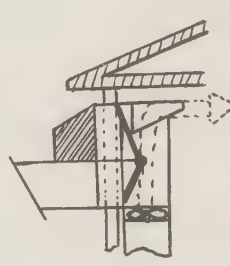
e) Système de ventilation mixte par un ventilateur spécial (2), qui peut être considéré comme extrayant et pulsant à la fois. Différentes firmes ont développé des systèmes de ventilation dynamique appelés "sans pression", en utilisant des ventilateurs aussi bien pour souffler l'air frais dans le bâtiment que pour en extraire l'air vicié. Grâce à des dispositifs ingénieux (Fig. 103), cette double action est obtenue à l'aide d'un seul ventilateur. Le recyclage se fait dans le caisson de mélange à l'aide de clapets qui déterminent la quantité d'air recyclé et la quantité d'air frais admise dans le bâtiment. Cette méthode a l'avantage de permettre un recyclage de l'air allant de 0 à 100 %. Le fait de pouvoir pulsé de l'air tiède semble encore plus intéressant car les dépenses d'énergie de chauffage sont nulles. Ces dispositifs peuvent être, plus particulièrement appliqués aux porcheries décrites par les figures 65 et 92 (Ouvertures d'aération sur le même pan).



Extraction totale



Recyclage partiel



Recyclage total

Fig. 103 (2)

V - LES ANOMALIES LES PLUS FREQUEMMENT RENCONTREES EN VENTILATION DYNAMIQUE (7).

On peut citer les suivantes :

- Des entrées d'air insuffisantes et non protégées ;
- Des entrées d'air parasites (non étanchéité des parois, portes et fenêtres fermant mal) ;
- Des sorties d'air insuffisantes (manque de débit des ventilateurs) ;

- Des ventilateurs non protégés du vent ;
- Des débits trop élevés en ventilation minimum (très fréquent en maternité et surtout en post-sevrage) ;
- Une puissance installée non adaptée au débit recherché ;
- De nombreuses erreurs de réglage de l'aération ;
- Des vitesses d'air parfois trop élevées (principalement en maternité et en post-sevrage) ;
- Des cloisons pleines trop importantes et mal disposées, empêchant le balayage au niveau du sol et faisant des loges des baignoires à gaz nocifs.

VI - LES PRINCIPAUX AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE LA VENTILATION DYNAMIQUE

(6, 25, 29, 31, 34).

Ses défenseurs lui reconnaissent les avantages suivants :

- Le contrôle total des débits et du renouvellement d'air ;
- Le contrôle parfait de la température du local ;
- En périodes froides, la possibilité de chauffage associé, ce qui permet de maintenir le nombre d'échanges horaires suffisant pour éliminer l'humidité sans faire baisser la température ;
- La possibilité de filtrage de l'air (important pour le maintien du microbisme ambiant dans des normes correctes) ;
- La possibilité d'humidification en période de chauffage ou afin de refroidir en été ;
- La possibilité de recyclage de tout ou partie de l'air évacué ;
- L'évacuation parfaite des gaz nocifs ;
- La possibilité d'implantation et de fonctionnement du système de ventilation dynamique pour un bâtiment situé à proximité d'un groupe de constructions ;
- L'indépendance de cette ventilation mécanique par rapport aux conditions climatiques, à la charge en animaux et aux dimensions du local ;
- La possibilité de limitation des nuisances olfactives ;
- La possibilité d'automatisation totale du réglage de l'ambiance, ce qui assure une constance appropriée et libère l'éleveur, ou l'ouvrier spécialisé, des interventions fréquentes et opportunes ;
- Une économie de main-d'oeuvre, ce qui entraîne donc un accroissement des gains ;

- La possibilité de loger plus d'animaux dans un espace donné, ce qui réduit le coût de l'investissement ;

- Une amélioration générale des conditions d'ambiance, ce qui entraîne une amélioration de la santé des animaux, et par suite, une diminution des pertes par mortalité et morbidité, ainsi qu'une économie de médicaments. De plus, ces améliorations contribuent à diminuer l'indice de consommation et à augmenter le gain moyen quotidien, d'où il en résulte un rendement quantitatif et qualitatif plus élevé. Cette élévation notable du rendement représente sûrement l'avantage majeur de la ventilation dynamique.

Par contre, ses détracteurs l'accusent des inconvénients suivants :

- Des investissements élevés ;
- Un coût de fonctionnement élevé (grande consommation d'électricité) ;
- La délicatesse de l'installation qui doit être faite par des spécialistes, ainsi que la mise au point qui demande de nombreuses rectifications ;
- Le chauffage est souvent obligatoire pour maintenir la température désirée, ce qui entraîne aussi des dépenses supplémentaires d'installation et de fonctionnement.

Cependant, il est prouvé que les économies et les gains supplémentaires que l'éleveur peut réaliser grâce à la mise en place d'un bon système de ventilation dynamique, font bien plus que compenser les dépenses supplémentaires que celle-ci nécessite. C'est pourquoi, tous les techniciens sont aujourd'hui d'accord pour affirmer que, seule la ventilation dynamique peut permettre d'augmenter la productivité, et par conséquent d'accroître la rentabilité d'un élevage porcin. Ainsi, la possibilité d'augmenter légèrement le nombre de porcs logés, et surtout la possibilité d'une amélioration considérable des résultats, constituent des arguments majeurs en faveur de la ventilation dynamique.

Par ailleurs, des bâtiments équipés en ventilation statique ont été transformés de manière à les équiper en ventilation dynamique; les bénéfices nettement supérieurs, réalisés à la suite de ces modifications, sont aussi la preuve que la ventilation dynamique permet d'améliorer les marges bénéficiaires.

VII - QUELQUES EXEMPLES DE MODIFICATIONS AVEC SUCCES DE LA VENTILATION DANS DES BATIMENTS EXISTANTS ⁽²¹⁾.

Il y a eu de nombreux échecs dans le domaine de la ventilation naturelle. Cette dernière a pu être mal conçue, mal réalisée ou mal utilisée, ou bien

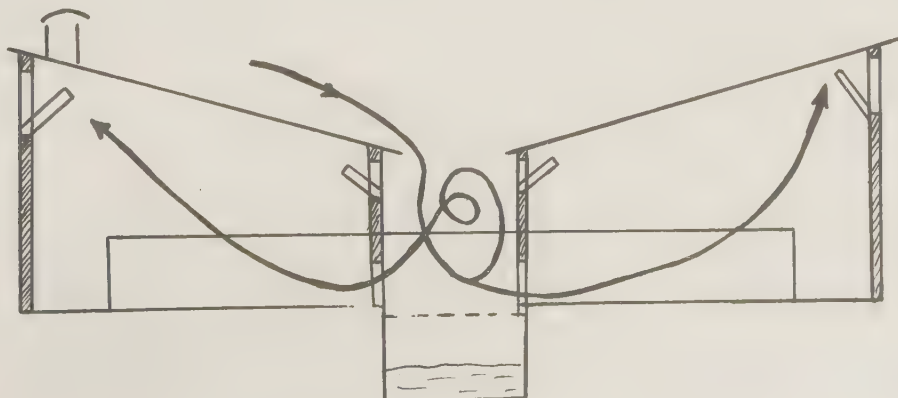
tout simplement, le bâtiment aura été mal orienté. Mais il arrive aussi souvent que cette ventilation naturelle, de part sa nature même (grands écarts de température, circuits d'air irréguliers, sensibilité aux conditions atmosphériques), ne puisse donner des résultats satisfaisants. Dans d'autres cas, c'est l'éleveur qui n'a pas le temps ou les capacités techniques pour en assurer le bon fonctionnement.

Pour toutes ces raisons, certains éleveurs ont été amenés à construire de nouveaux bâtiments, à ventilation dynamique cette fois. Mais pour d'autres éleveurs, leurs possibilités financières ne permettent pas ce deuxième investissement. La solution idéale pour eux est alors de recourir à la modification adéquate des bâtiments existants. Car, en fait, il est pratiquement toujours possible de modifier avec succès un bâtiment dont la ventilation est inadaptée ; et cela généralement à peu de frais. L'étude des trois cas ci-après prouve, qu'avec des installations supplémentaires restreintes, les résultats peuvent être nettement meilleurs.

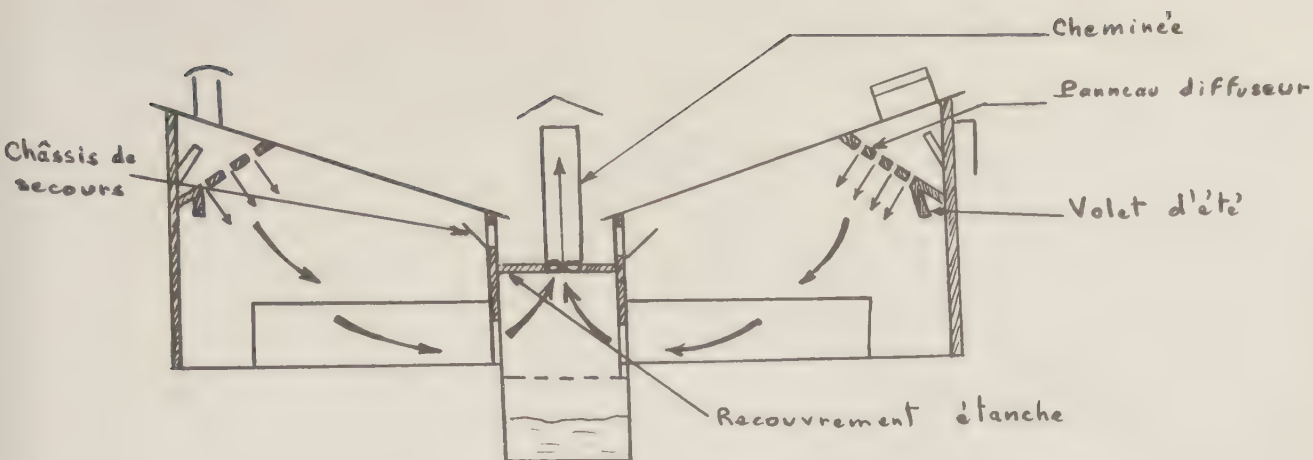
1er Cas : Une porcherie semi-plein air de type "anglaise double" avec canal à déjection commun (Fig. 104) ⁽²¹⁾.

Avant modifications (a) : Théoriquement, l'air entre par les châssis situés au-dessus du parcours intérieur et sort par les châssis extérieurs. En fait, il se crée des perturbations au niveau du caillebotis et l'air, après être entré par les passages d'accès au caillebotis, sort par les volets extérieurs.

Après modifications (b) : Une couverture étanche dans laquelle ont été aménagées des cheminées avec extracteurs à vitesse variable, recouvre le caniveau à déjections. L'entrée d'air se fait par les volets extérieurs à travers un panneau diffuseur isolant. Les châssis intérieurs sont fermés et n'ont été maintenus qu'en tant que châssis de secours. Par ailleurs, des volets ménagés dans le panneau diffuseur peuvent être ouverts dans la journée en été.



(a) Fig. 104 ⁽²¹⁾

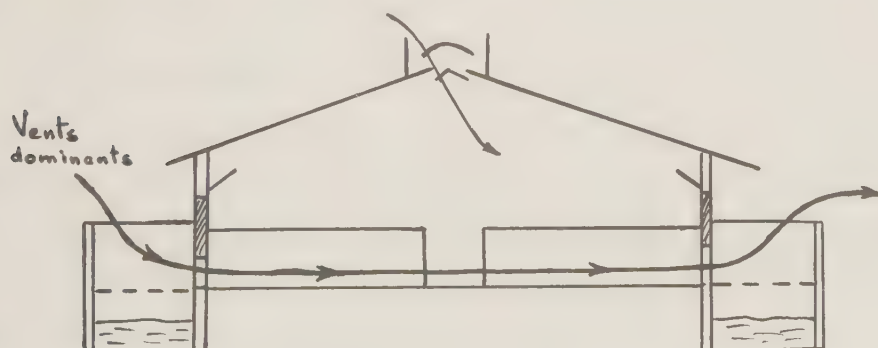


(b) Fig. 104 (21)

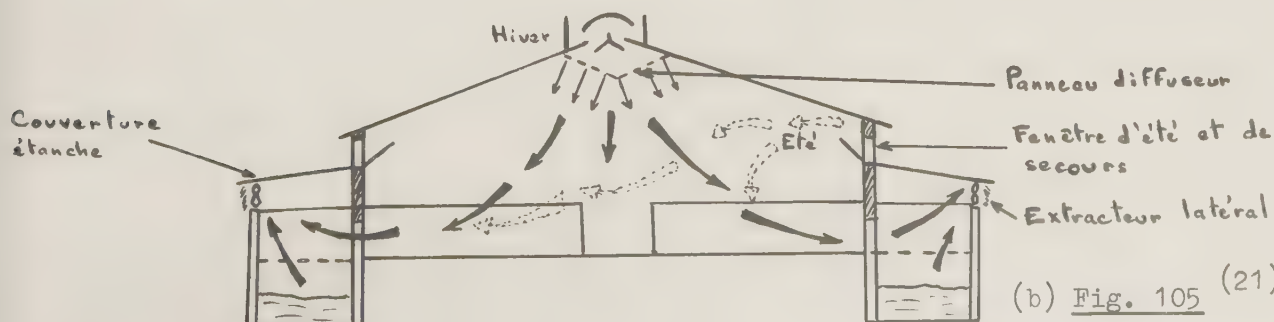
2ème Cas : Une porcherie semi-plein-air de type "anglaise double" avec canaux à déjections latéraux (Fig. 105 a et b) (21).

Avant modifications (a) : Théoriquement, l'air doit entrer par les châssis latéraux et sortir par le lanterneau. En fait, sous l'action des vents dominants, l'air entre par un côté et ressort par l'autre. Il peut également rentrer par le lanterneau. Si bien qu'en hiver, l'air froid tombe directement sur les animaux. D'autant plus que l'air entre souvent par les ouvertures d'accès des porcs au caillebotis, les panneaux de caoutchouc étant vite dévorés.

Après modifications (b) : Les parcours extérieurs ont été recouverts et des extracteurs latéraux ont été aménagés. En hiver, l'entrée d'air se fait par le lanterneau à travers un panneau diffuseur isolant perforé. En été, les fenêtres d'un seul côté peuvent être ouvertes. Les possibilités de ventilation naturelle par les châssis sont maintenues.



(a) Fig. 105 (21)



(b) Fig. 105 (21)

3ème Cas : Une porcherie danoise dite "en arche". Le problème est le même pour une porcherie danoise classique (Fig. 106 a et b).

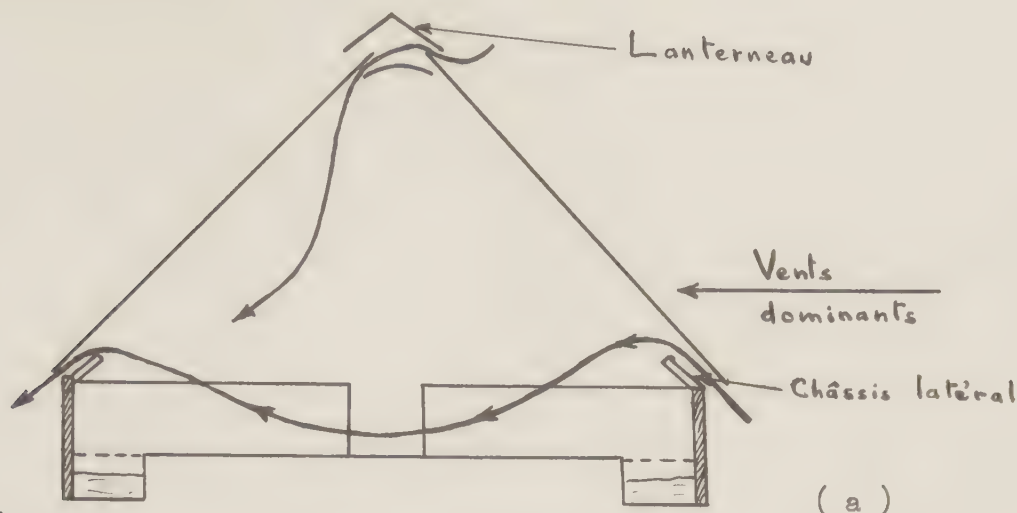
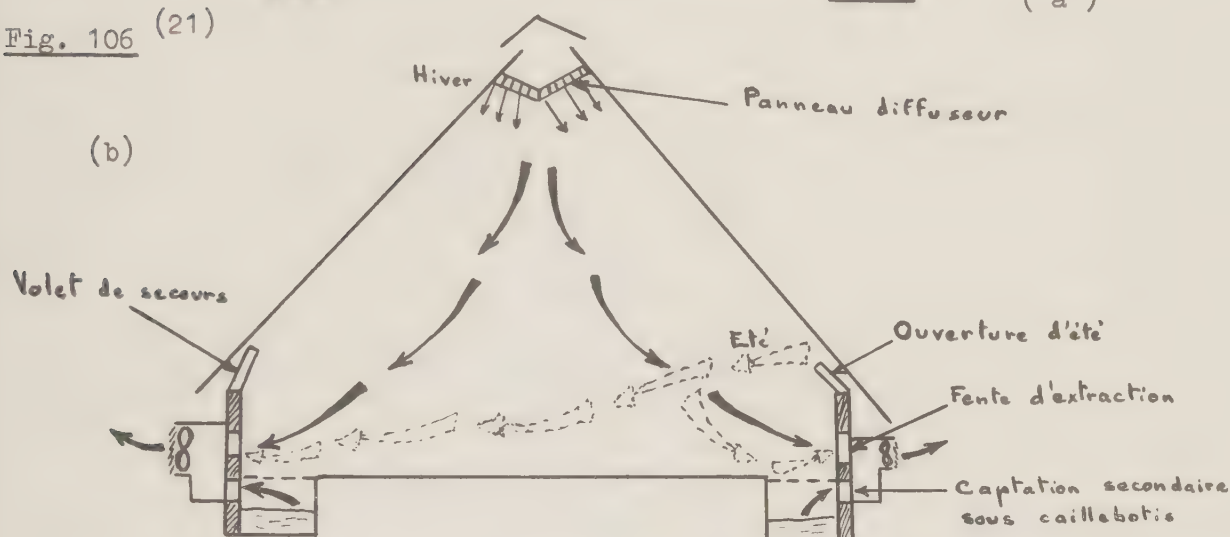


Fig. 106 (21)



Avant modifications (a) : Théoriquement, l'air entre par les châssis latéraux et ressort par le lanterneau. En fait, sous l'action des vents dominants, l'air entre par un côté ainsi que par le lanterneau et ressort par l'autre.

Après modifications (b) : Des gaines latérales avec extracteurs ont été aménagées ; elles permettent une extraction au-dessus des caillebotis par la fente d'extraction et une captation secondaire de l'air vicié sous le caillebotis par un autre orifice à ce niveau. En hiver, l'air entre par le lanterneau à travers un panneau diffuseur isolant. En été, les volets latéraux d'un seul des deux côtés peuvent être ouverts.

Avec ces quelques exemples, on constate donc qu'une erreur de ventilation, ou qu'une ventilation naturelle déficiente, peut pratiquement toujours être reprise de façon efficace et à moindres frais.

Enfin, pour conclure cette étude des différents systèmes de ventilation, il nous faut remarquer, que l'essentiel dans le choix d'un type de ventilation, est de se préoccuper de la répartition homogène de l'air et des circuits d'air réels dans le bâtiment d'élevage.

* C H A P I T R E I V *
*

LES EXIGENCES CLIMATIQUES DES
DIFFERENTES CATEGORIES DE PORCS

.....
: A - LES COCHETTES :
.....

Les conditions de logement des cochettes ont été peu étudiées par les zootechniciens. Les normes d'ambiance fournies par les tables de l'Institut Technique en fonction du poids des porcs sont, en général, applicables aux cochettes. Ces reproductrices réclament une température assez basse (10 - 16 °) et une vitesse d'air assez élevée (0,4 à 0,9 m / s), et supportent des humidités relatives assez basses.

Seuls quelques facteurs ayant une influence sur l'apparition de la puberté chez la truie ont été étudiés. Ainsi, au sujet de la température, SWIERSTRA (1972) montre que l'agression par le froid au moment de l'accouplement a un effet bénéfique sur le taux de conception des truies nullipares, les températures ambiantes minimales le jour de la saillie étant d'autant plus favorables qu'elles sont les plus faibles ⁽⁴²⁾. Dans ce domaine, le rôle de la ventilation peut être indirectement mis à profit, lors des étés chauds surtout, pour réaliser un refroidissement des locaux fermés logeant les futures reproductrices. Cet abaissement de la température ambiante peut être obtenu par : une humidification de l'air ambiant par pulvérisation d'eau dans les ventilateurs (ventilation par surpression), une évaporation de l'eau d'arrosage par un brassage important de l'air, une ventilation maximale pouvant atteindre 3 à 4 m / s, et à la limite, une installation de capteurs de chaleur au niveau des ventilateurs. Mais, malheureusement, la tendance actuelle en matière de logement des cochettes est avant tout de plier les animaux aux exigences des techniques, plus qu'à se plier aux exigences des animaux eux-mêmes ⁽⁴²⁾.

.....
: B - LES VERRATS :
.....

Pour les verrats, les normes d'ambiance, couramment admises, sont les suivantes : une température optimale de 10 à 20 °, ou mieux de 12 à 16 °, avec un degré hygrométrique de 60 à 75 % et des vitesses d'air de l'ordre de 0,7 à 1 m / s en conditions normales. En été, le débit d'air de renouvellement se situe entre 200 et 250 m³ / heure / animal. Les valeurs limites peuvent être les suivantes : une température minimale de 7 ° et une température maximale de 20 °, avec pour la vitesse un maximum de l'ordre de 1,5 à 3 m / s ^(12, 42).

Pour les reproducteurs, les vitesses de l'air doivent être légèrement plus élevées que celles établies (tables) pour des porcs à l'engrais de même poids dans les mêmes conditions. Les porcs reproducteurs, de poids élevé, montrent une grande sensibilité aux hautes températures, à cause de leur couche de graisse et de leur capacité pulmonaire réduite. Les basses températures sont largement favorables et aisément compensées par un apport alimentaire supplémentaire (mais la rentabilité intervient aussi dans ce cas). Ainsi, une ventilation suffisamment élevée peut compenser en partie leur faible volume pulmonaire et permettre un abaissement non négligeable des températures ainsi que des vitesses d'air plus rapides au niveau de leur peau ; cet accroissement du débit de ventilation contribue donc à procurer aux verrats une sensation de confort.

D'autre part, des expériences (36, 41), réalisées à 15 ° et à 35 °C en locaux conditionnés, ont montré que le volume de l'éjaculat n'est pas modifié par la température ambiante ; mais le nombre de spermatozoïdes récoltés diminue fortement sous l'effet de la température ambiante élevée et la motilité accuse une chute avec l'exposition à la température élevée, ce qui entraîne une baisse de fertilité.

En ce qui concerne la spermatogénèse, SWIERSTRA (1969) (43) a obtenu le même nombre de spermatozoïdes par jours et par gramme de testicules avec des verrats élevés à + 17° C et d'autres verrats élevés en semi-plein-air à des températures négatives. Par contre, le développement des organes génitaux était plus important chez les verrats élevés à basses températures (365 grammes contre 419 grammes). Ceci se traduit par une production journalière de spermatozoïdes significativement plus faible chez les verrats élevés à + 17 ° C.

D'autres expériences (39) ont prouvé, qu'en maintenant les verrats à une température ambiante ne dépassant pas 19° C, on limite l'importance de la chute estivale de fécondité et on évite ainsi dans tous les cas la chute estivale du nombre moyen de porcelets-nés par portée chez les truies inséminées par ces verrats.

THIBAUT et col. (43) ont montré que la fertilité des verrats maintenus en claustration à 22° est constante tout au long de l'année alors que celle-ci présente une chute durant les mois d'été pour des verrats maintenus en plein-air. Ces variations climatiques de la fertilité peuvent donc être atténuées ou supprimées par l'action indirecte de la ventilation, en abaissant la température des locaux renfermant les reproducteurs selon les techniques déjà décrites à propos des cochettes. Ce phénomène existe aussi chez les truies ; ces techniques peuvent donc leur être appliquées aussi.

On peut ainsi espérer établir des techniques et des installations qui permettent d'entretenir les géniteurs destinés à l'insémination artificielle dans les conditions d'ambiance leur permettant l'optimum de production spermatique en qualité et en quantité.

.....
: C - LES TRUIES :
.....

Seul le cas des truies vides et gestantes est étudié ici, celui des truies allaitantes sera envisagé dans le cadre de la maternité.

Les normes généralement admises sont sensiblement les mêmes que celles citées pour les verrats : une température optimale de 10 à 20° C, ou mieux 12 à 18° C, et une température minimale de 5° C ; pour les truies en fin de gestation la température idéale se situe entre 10 et 15° C. En été, le débit idéal est de 250 à 300 m³ / h / truie. L'hygrométrie doit être comprise entre 60 et 80 % et la vitesse maximum de l'air se situe vers 1,5 à 2 m / s (12, 37, 38, 49).

Quelques facteurs d'ordre climatique ont fait l'objet d'études approfondies.

Ainsi, CORTEEL et col. (1969) ont observé une chute de la fertilité des truies de 10 % pendant la période d'été, avec durant la même période, des retours en oestrus anormalement tardifs (supérieurs à 45 jours).

Pour THIBAULT et col., ces phénomènes sont liés aux températures moyennes journalières élevées de ces périodes. SWIERSTRA et RAHNEFELD (1972) ont montré que la valeur du taux de fécondation est inversement proportionnelle à la température.

Pour TEAGUE et col., les températures élevées ont une influence négative sur les venues en chaleur des truies et augmentent les pourcentages des retours (37, 38).

Considéré comme une des causes de la mortalité embryonnaire, le rôle de la température a été étudié à l'Université de l'Indinia. Il a été démontré qu'une température de 35° C, durant 24 heures, dans les 5 jours qui suivent la fécondation, ont un effet néfaste (36).

Pour WARNICK et col. (1965), une température trop élevée est défavorable durant la période d'implantation. Ce phénomène a été confirmé par

OMTVEDT et col. qui ont observé un effet néfaste sur la survie des embryons d'une température de 23,3° C durant l'implantation et la fin de gestation. De plus, il faut aussi mentionner que les températures élevées sont néfastes pour l'alimentation et le rationnement des truies (TEAGUE et col.).

Ces différentes données prouvent donc que le bâtiment destiné à abriter les gestantes doit être conçu de manière à pouvoir éviter des hausses de température, notamment en période chaude. La ventilation, avec des dispositifs supplémentaires (humidification, évaporation, refroidissement) et un débit d'air important permettant un renouvellement fréquent de l'air, constitue la seule véritable possibilité de maintenir la température des logements des truies gestantes suffisamment basse, même en été.

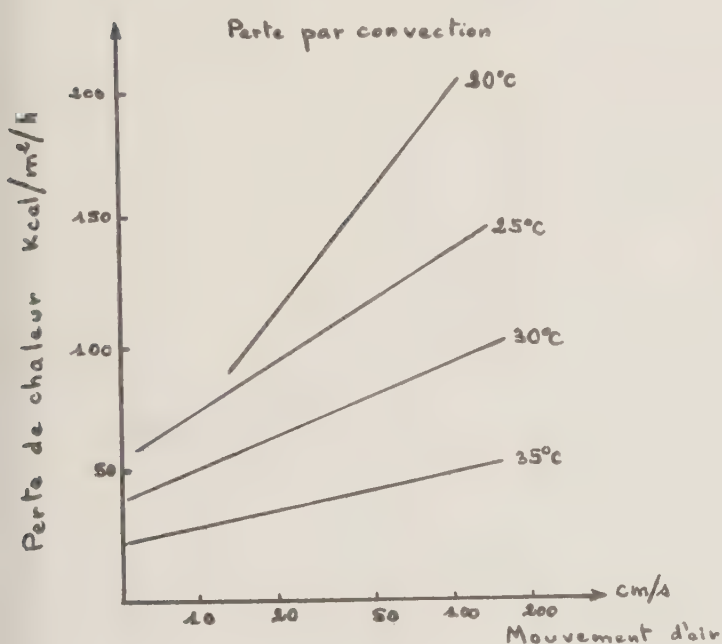
.....
: D - LA MATERNITE :
.....

La mortalité très élevée (au moins 20 p. 100) des porcelets de la naissance au sevrage est considérée comme le facteur essentiel responsable de la très faible productivité des truies en France. Cette forte mortalité post-natale tient à un certain nombre d'erreurs parmi lesquelles les mauvaises conditions d'ambiance représentent la majeure partie directement ou indirectement ⁽³⁵⁾. Mais il est difficile de bien régler cette ambiance de la maternité qui renferme simultanément deux types d'animaux dont les exigences climatiques sont très différentes ^(18, 35). L'ambiance générale du local, à laquelle l'humidité relative, la température et la vitesse de renouvellement de l'air sont étroitement liées, est à soigner tout particulièrement, en ayant soin d'y adjoindre une source de chaleur appropriée et judicieusement placée dans le coin à porcelets (lampes à infra-rouge, radiants, etc...). Car, c'est la maternité qui, par les pertes énormes en porcelets, paie le plus lourd tribut à l'action du froid. De plus, le froid et une mauvaise ambiance générale, peuvent occasionner de multiples accidents chez la truie : un part laborieux avec des porcelets morts-nés, une agitation intense d'où des écrasements des porcelets plus fréquents, des renversements de l'utérus et aussi des troubles utérins et mammaires influençant la sécrétion lactée (syndrome métrite-mammite-agalaxie) ^(44, 50). Par ailleurs, le maintien d'une bonne ambiance permet dans une certaine mesure de limiter le cannibalisme de la truie : la circulation trop rapide de l'air étant une cause de cette perversion, la vitesse de l'air doit toujours être inférieure à 0,5 m/ s avec un optimum de 0,3 m / s ^(44, 45).

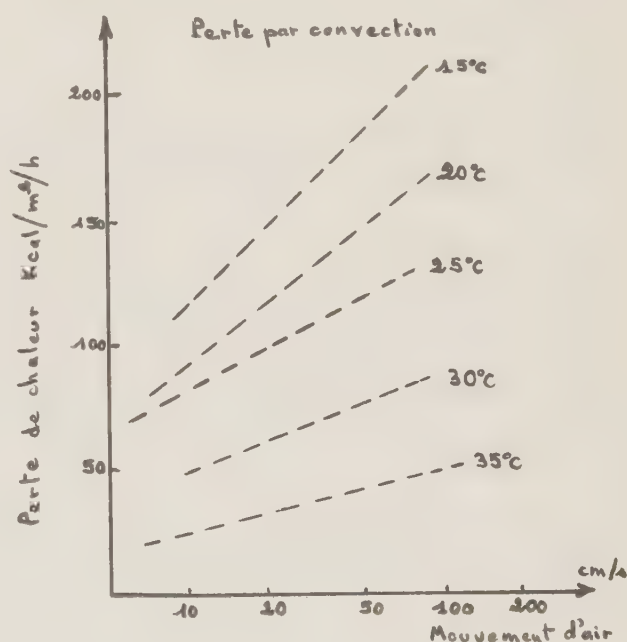
Dans les locaux de maternité, les normes prévues sont généralement les suivantes : une température ambiante de 18 à 24° ; au niveau des porcelets,

une température de 33 à 35° à la naissance qui diminue progressivement de environ 1° par jour jusqu'à 20-28° selon l'âge et le poids ; une hygrométrie de 60 à 75 % ; un cubage d'air minimum de 10 m³ par portée (truie et porcelets) ; un débit d'air allant de 75 m³ minimum à 400 m³ maximum par heure par portée selon la saison, l'importance de la portée et l'âge au sevrage des porcelets (12, 37, 49).

A la naissance, le porcelet est nu et possède un dispositif de régulation thermique inachevé, ce qui explique sa très grande sensibilité au froid, mais aussi à l'humidité de l'air ambiant et aux courants d'air (10, 18). Outre le maintien d'une température élevée, en région tempérée, la vitesse de l'air joue un rôle important dans les échanges thermiques, surtout par convection (2/3 des pertes totales de chaleur par le porcelet) (MOUNT 1968). Tout accroissement de la vitesse de l'air ambiant augmente les déperditions thermiques par convection, radiation et évaporation (10). Or, les pertes par convection varient linéairement suivant la vitesse de l'air pour une température donnée (Fig. 107)⁽¹⁹⁾.



Porcelets de 1-2 semaines (3-6 kg)



Porcelets de 10-12 semaines (20-25 kg)

Fig. 107. Effet de la vitesse de l'air et de la température sur les pertes de chaleur par convection (MOUNT, 1968) ⁽¹⁹⁾.

De plus, elles augmentent plus rapidement lorsque la température de l'air baisse. Par rapport à des porcelets élevés en air calme, l'exposition des porcelets à des courants d'air pendant une heure par jour retarde la croissance de ces derniers de 6% (Muelhing et Jensen, 1961) ⁽¹⁸⁾. Aussi, en toute saison et quelle que soit la technique de ventilation utilisée, il faut absolument éviter les courants d'air qui peuvent favoriser, déclencher ou aggraver des maladies

digestives (diarrhées et entérite collibacillaire principalement) et des maladies respiratoires (rhinites, bronchites, pneumonies, pleurésies et autres) dont les conséquences néfastes entraînent une mortalité immédiate des porcelets et se feront aussi sentir lors de l'engraissement. La vitesse de l'air ambiant devrait être presque nulle au niveau des porcelets ⁽¹⁰⁾. BARTA et SPRINAR (1959) estiment qu'une vitesse de 0,1 à 0,15 m / s représente un optimum. IVOS (1958) cite des chiffres inférieurs : 0,05 à 0,08 m / s. SCHUMM (1963) fixe le maximum à 0,15 m / s et estime l'optimum entre 0,07 et 0,12 m / s. En fait, ces normes sont davantage basées sur des données empiriques que sur des données expérimentales et, par ailleurs, elles ne tiennent pas compte des exigences de la truie ⁽¹⁸⁾. En définitive, la vitesse de l'air doit être aussi faible que possible (entre 0,06 et 0,13 m / s) pour minimiser les pertes de chaleur, sans pour autant compromettre le renouvellement de l'air nécessaire aux jeunes porcelets et à la truie ⁽⁴⁶⁾. Car une ventilation correcte suppose un volume d'air et un renouvellement de l'air suffisants et une bonne oxygénation au niveau du sol (ceci est d'autant plus utile et nécessaire, que les germes (*Escherichia coli*) se développent en milieu privé d'air) ⁽⁴⁷⁾.

Cependant, des moyens de régulation de l'ambiance bien étudiés se révèlent parfois néfastes pour la santé des porcelets. Les quelques exemples suivants le prouvent :

- on constate souvent que les porcelets ne restent pas sous les lampes infra-rouge ; ceci est dû au fait qu'à cet endroit, la chaleur émise par la lampe provoque une vitesse de l'air circulant supérieure à 10 cm / s, entraînant une augmentation des déperditions calorifiques et rendant les porcelets plus sensibles aux maladies infectieuses et nutritionnelles,
- les planchers chauffants entraînent dans certaines installations des courants d'air qui peuvent être à l'origine de congestions pulmonaires,
- la présence de fosses à lisier entraîne des émanations de gaz nuisibles pour les porcelets, provoquant des intoxications souvent mortelles ⁽⁴⁸⁾.

Mais ces défaillances peuvent être assez facilement régularisées par quelques modifications des installations souvent succinctes.

D'énormes erreurs existent aussi dans certaines installations de ventilation de maternité : ainsi il arrive souvent de trouver des gaines de ventilation-chauffage installé à environ 2 - 2,50 m au-dessus du sol et le thermostat situé de même à 1,50 - 2 m au-dessus des porcelets ⁽³²⁾.

Ainsi le confort du porcelet nécessite des conditions d'ambiance, et

par conséquent de ventilation, très strictes. Leur réalisation se révèle dans la pratique fort difficile à maîtriser, sans entraîner des investissements non négligeables. Mais le conditionnement des bâtiments-maternités est primordial. Son rôle, dans l'état de santé et dans les performances des porcelets, est considérable. La conséquence directe en est la rentabilité de l'élevage ^(44, 48). Dans la majorité des cas, la ventilation statique ne peut pas être appliquée aux locaux de maternité, avec une sécurité et des résultats satisfaisants. En général, seule l'association, bien établie, ventilation dynamique-chauffage permet d'obtenir des résultats favorables.

.....
: E - LES LOCAUX DE POST-SEVRAGE-PREENGRAISSEMENT :
.....

Le porcelet, n'ayant qu'une faible couche de gras, est d'autant plus vulnérable au froid, à l'humidité et à la vitesse de l'air qu'il est jeune. Ainsi l'abaissement de l'âge du sevrage entraîne des exigences très strictes vis à vis des conditions d'ambiance. De plus, la tendance actuelle à supprimer la litière paillée ou avec des copeaux de bois, contribue aussi à restreindre les marges de sécurité des différents facteurs de l'ambiance.

Selon les auteurs, quelques variations dans les normes proposées sont à noter ; mais cela tient en fait aux différences d'âge ou de poids ^{au} sevrage et au type de bâtiment envisagé (sol paillé, caillebotis ou grillage).

Dans le cas du sevrage traditionnel à 8 semaines environ et avec litière, les normes suivantes sont compatibles avec de bonnes performances et avec le confort des animaux. Au sevrage, une température minimale de 16 - 18° C est à respecter avec un optimum vers 19 - 20° C pour une hygrométrie d'environ 60 % et une vitesse d'air maximale de 0,15 à 0,25 m/ s. Puis de 20 à 40-50 Kg, les conditions ci-après peuvent être appliquées ⁽¹²⁾ :

- . vitesse de l'air de 0,20 à 0,30 m / s, au maximum 0,35 m / s ;
- . débit de ventilation : Hiver : 10 à 40 m³ / h / porcelet
Eté : 50 à 140 m³ / h / porcelet ;
- . hygrométrie : 40 à 70 % ;
- . températures : -minimale : 10 - 12° C
- optimale : 18 - 20° C.

Cependant, pour des raisons économiques et de main-d'oeuvre, le sevrage précoce (21 à 35 j) ou très précoce (7 à 15 j) devient la règle dans les élevages

modernes et de dimensions suffisantes. Ainsi des porcelets sevrés à des poids de plus en plus faibles, dans une phase où ils sont très sensibles à diverses agressions microbiennes, doivent être placés dans un habitat adapté à leurs besoins et recevoir une alimentation appropriée. Comme la plupart des installations ne prévoient pas de litière, il faut être plus attentif encore aux conditions d'ambiance ⁽¹⁶⁾.

Pour la plupart des auteurs ^(16, 52, 53, 74), avec un sevrage à 21 jours, la température optimale au sevrage se situe vers 27 - 28° C avec une baisse de 1 à 2° C par semaine suivant le sevrage. D'autre part, les écarts de température ne doivent pas être supérieurs à 0,5° C (2° C pour le Dr W. HENDRICK) pour éviter tous les problèmes pathologiques. Le système de régulation électronique de la ventilation est pratiquement le seul qui permette d'obtenir ces résultats.

L'hygrométrie doit être inférieure à 65 % avec un optimum des taux allant de 50 à 55 % environ ^(52, 74), afin de permettre le maintien de la pureté microbienne de l'air ambiant. Par ailleurs, afin d'évacuer les gaz toxiques (CO_2 , NH_3 , H_2S) auxquels le porcelet est très sensible (taux maximum d'ammoniac : 7 p p m pour KOTZ et col., 100 p p m d'après les normes DIN) et la grande quantité de vapeur d'eau expirée, il est nécessaire de maintenir dans le local une ventilation suffisante, sans pour autant placer les porcelets dans un courant d'air ^(16,54).

Les vitesses d'air généralement citées sont de l'ordre de 0,15 à 0,20 m / s pour les porcelets de 3 à 4 semaines, et même jusqu'au départ en porcheries d'engraissement.

Les débits d'aération exigés se situent vers 2 à 2,5 m³ / h / Kg de poids vif ^(53,74), pouvant aller jusqu'à 3,5 ⁽⁵⁵⁾. Etant donné la très forte densité en animaux dans les locaux de post-sevrage et le fait que les porcelets sont gardés dans ces locaux jusqu'à 30 - 35 Kg, parfois 50 Kg, il faut prévoir un cubage d'air suffisant pour réussir à maintenir une faible vitesse de l'air et éviter les courants d'air. Il faut aussi remarquer la nécessité de l'installation de ventilateurs à vitesse variable, car le débit horaire nécessaire en fin de préengraissement est 5 à 6 fois plus élevé que celui en début de préengraissement. Le volume d'air par porcelet de 5 à 50 Kg est voisin de 1 m³ (0,8 à 1,3 m³) ^(16, 57), soit de 3 à 3,5 m³ par 100 kg de poids vif ⁽²³⁾.

Les conditions climatiques à respecter sont ainsi résumées dans les tableaux suivants : Tab. X et XI.

Tab. X : Renouvellement horaire de l'air en fonction du poids (en m³ / h / porcelet) (16, 56).

Poids des animaux (Kg)	5 à 15	15 à 30	30 à 45
Débit minimum	2	5	7 - 8
Débit moyen	7 - 8	13 - 15	20 - 25
Débit maximum	15	30 - 45	45 - 50

XI

Poids du porcelet en kg	Ventilation (m ³ / h)		Volume par porcelet	Température au niveau des porcelets	Vitesse de l'air	Humidité relative
	Hiver	Eté				
5	2 à 5	50 à 60	0,08 m ³ à 1,3 m ³	26° C	0,10 à 0,20 m/s	45 % à 70 %
12				24° C		
20				22° C		
30				20° C		
35 et +				17 - 18° C		

Remarque : Malgré une très faible vitesse de ventilation en hiver, l'humidité ne doit jamais dépasser 70 %.

Les recommandations pratiques de limiter au maximum la vitesse de l'air sont fondées sur la nécessité de limiter les pertes thermiques par convection (Muelhing et Jensen, 1961). Mais, dans une expérience portant sur un effectif limité d'animaux (Fuller, 1965), on peut observer un effet spécifique de la vitesse de l'air sur les performances pondérales (Tab. XII) (54).

Vitesse de l'air (m / s)	0,05	0,35
Nombre d'observations Porcelets 15 - 70 j	4	2
Gain de poids en gr / j		
15 - 36 j	348	343
37 - 70 j	761	523
Poids des poils (gr)	41,9	42,9

Air à 10° C et humidité relative de 70 %.

Tab. : XII

Le poids des poils plus faible et surtout le gain de poids nettement

faible ($0,05 \text{ m / s}$) prouvent donc bien le rôle essentiel de la ventilation dans les performances des porcelets. La ventilation, et par conséquent l'ambiance à l'aide du chauffage, tient une place primordiale dans l'amélioration de la rentabilité d'un élevage de porcelets. La meilleure méthode permettant de réaliser continuellement ces exigences climatiques semble être l'utilisation de locaux chauffés, bien isolés et ventilés par des ventilateurs à vitesse variable avec un système de régulation, de préférence continu et électronique ⁽⁷⁴⁾, par sonde thermique, placée à proximité des porcelets, au moins sur l'un des deux facteurs de climatisation (chauffage ou aération). Une autre solution consiste à placer un réglage, sur l'aération et le chauffage, à action inverse de façon à ce que le débit de chauffage baisse ou s'arrête lorsque le débit d'aération augmente, et vice-versa ⁽⁵³⁾. Car la maîtrise de la régulation de la ventilation conditionne pour une très large part la consommation d'énergie nécessaire pour le chauffage ⁽¹⁶⁾.

En fait, que ce soit en été comme en hiver, la ventilation devrait être assujettie non seulement à la température, mais également au taux d'humidité relative de l'air à l'aide d'hygrostats. La régulation de l'hygrométrie va, dans l'avenir, être aussi régulière que celle de la température.

En plus de la nécessité de respecter les normes d'ambiance, il faut aussi maîtriser les circuits d'air. C'est dans ce domaine que persistent les plus grandes difficultés et les plus grandes erreurs et défaillances, à l'heure actuelle. Par exemple, le débit des ventilateurs peut être correct, la température au niveau des porcelets satisfaisante, sans que les porcelets se trouvent dans une bonne ambiance ⁽⁶⁰⁾. Ainsi, une trop grande vitesse d'air au niveau des animaux peut expliquer certaines performances plus faibles ; en particulier l'été, où l'éleveur augmente la ventilation quand la température s'élève, ce qui est normal, mais l'augmentation est en général inconsidérée atteignant souvent $20 \text{ à } 30 \text{ m}^3 / \text{h} / \text{porcelet}$ de 8 kilos. Dans ces conditions, il crée un courant d'air et le porcelet a froid, même si le thermomètre indique 28° C ⁽⁵⁶⁾.

De même, dans la réalisation des installations de ventilation des locaux de post-sevrage, plusieurs erreurs essentielles sont à éviter, comme :

- une entrée d'air directe, c'est-à-dire sans faux plafond ou sans sas, entre le porcelet et l'entrée d'air ; car l'air froid descend le long des murs et atteint directement les porcelets,

- une entrée d'air frais placée au-dessus des animaux sans qu'aucun obstacle ne gêne l'écoulement ; le porcelet est alors soumis à un courant d'air froid et fort ⁽⁶⁰⁾.

Les systèmes de ventilation statique sont donc largement à déconseiller pour ces locaux, surtout lors d'absence de litière.

La plupart des installations actuelles sont représentées par les systèmes à caillebotis partiel (Fig. 108 et 109) ou total (Fig. 110 et 111) et les flat-decks (Fig. 112, 113, 114), avec ventilation dynamique par extraction, par surpression et mixte (extraction et air chaud pulsé) (16, 60, 61). La ventilation par surpression seule a l'inconvénient de provoquer souvent des vitesses d'air trop élevées ; mais elle a l'avantage dans ce cas de permettre le chauffage par air chaud pulsé et aussi de diriger l'entrée d'air. La ventilation par dépression, avec extraction basse au niveau des caillebotis par un système de gaines bien réparties pour ne pas créer de vitesses d'air trop grandes au niveau du caillebotis, donne généralement satisfaction (Fig. 108, 109, 110, 111). Pour cela, il faut que l'entrée d'air se fasse indirectement par un faux plafond ou par un sas où l'air est préréchauffé. L'air est ensuite chauffé à la température voulue avant d'atteindre les porcelets par différentes sources de chaleur situées entre le plafond et les porcelets.

En ce qui concerne le post-sevrage en batteries (sur 3 étages en général), la méthode la plus appropriée est la ventilation mixte (Fig. 112, 113 et 114). Les cages sont disposées perpendiculairement au couloir et la circulation de l'air se fait non pas longitudinalement, mais transversalement aux batteries. En entrant dans le couloir, l'air passe sur des convecteurs et est préchauffé à 20°. Il est ensuite soufflé dans la salle au moyen d'une gaine à la sortie de laquelle est placé un autre radiateur, contrôlé par une sonde potentiométrique et qui porte la température de l'air à 28° par exemple. L'entrée d'air se fait donc face aux batteries à 1 m du sol environ. Il est alors repris de l'autre côté des batteries par une hotte, au sommet de laquelle se trouve un ou plusieurs puissants extracteurs automatiques à vitesse variable qui évacuent l'air vicié par une cheminée faîtière. La vitesse des ventilateurs, qui tournent en permanence, est réglée en fonction du poids des porcelets.

L'air vicié est donc repris au niveau des caniveaux à déjections grâce à une cheminée qui descend jusqu'à environ 0,50 m du sol. Plusieurs trappes peuvent être installées aux niveaux des caniveaux à déjections des batteries supérieures. Une autre trappe peut aussi être découpée dans le sommet de la hotte d'extraction, ce qui permet, si besoin est, une ventilation supplémentaire en partie haute (61, 74).

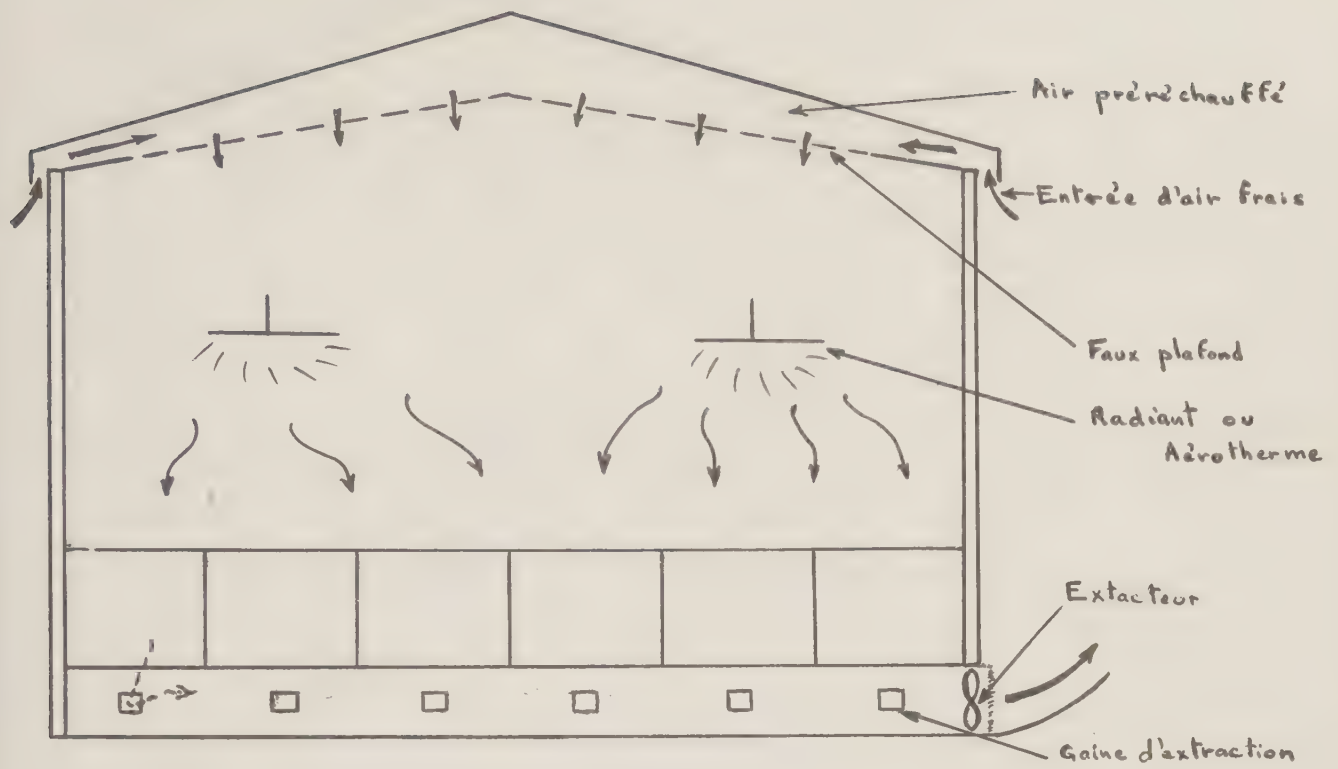


Fig. 108 (16). Vue en coupe d'un local post sevrage disposé "en transversal"

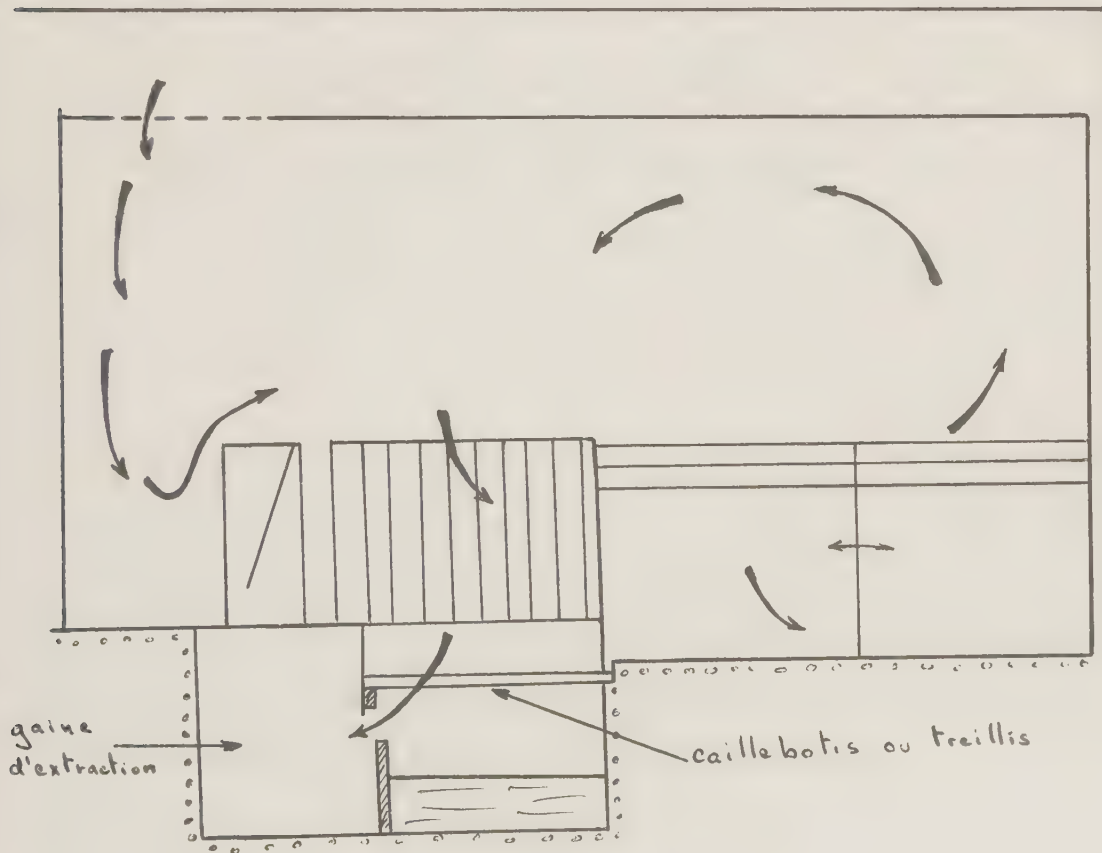


Fig. 109. Vue en plan (16)

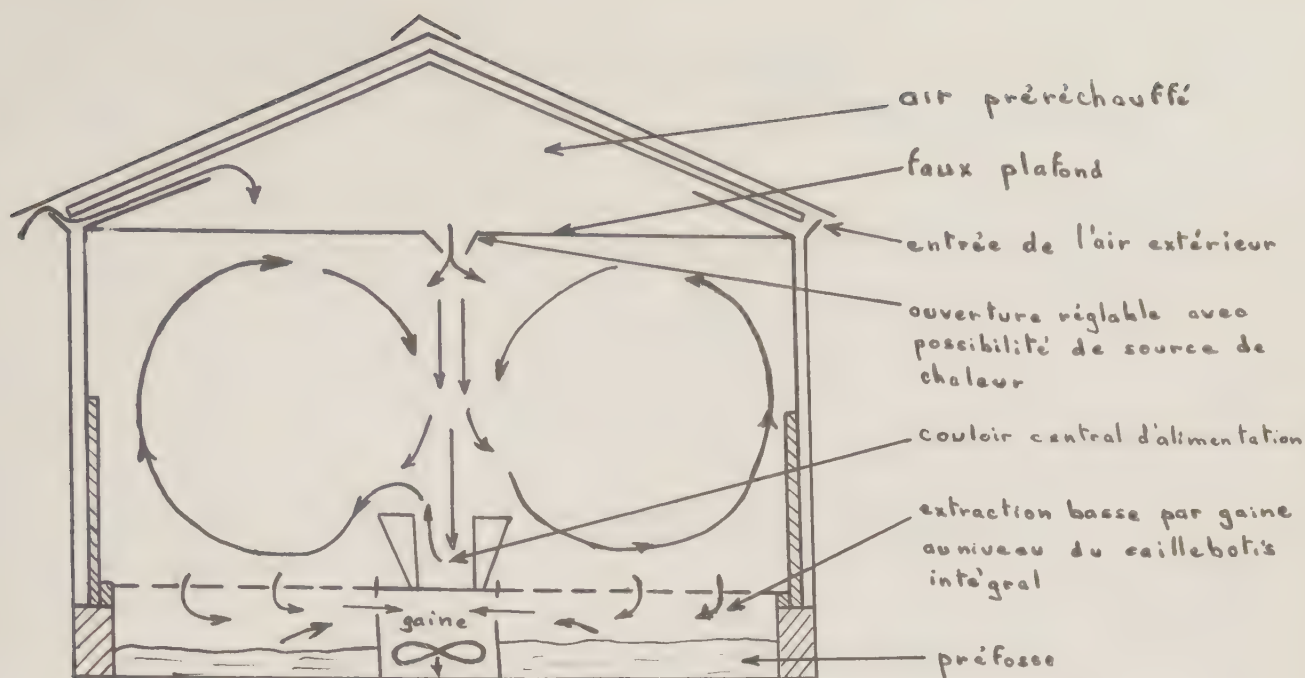


Fig. 110 (60)

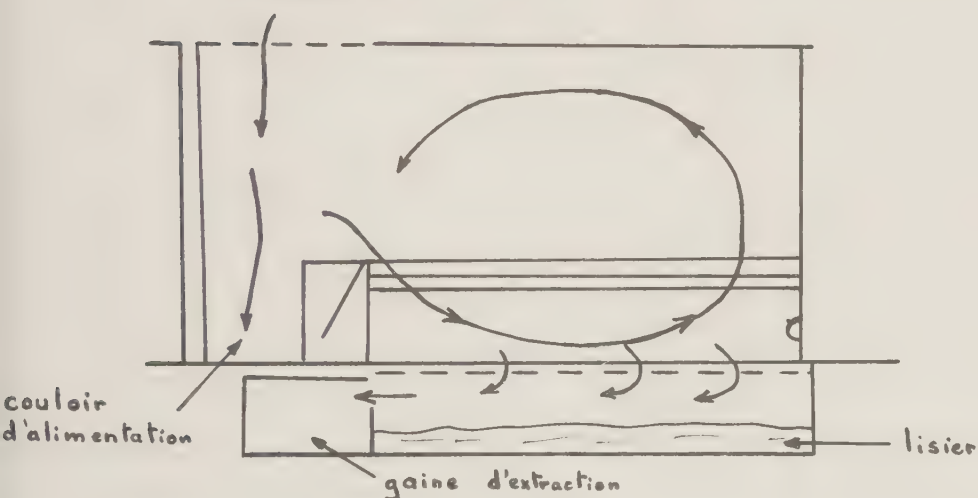


Fig. 111

A cause du danger que représente l'émanation des gaz toxiques dus à l'accumulation du lisier à l'intérieur du bâtiment, il est nécessaire avec ces systèmes de mettre en oeuvre une extraction basse sous les caillebotis ; mais il faut bien surveiller la vitesse de l'air au niveau du caillebotis, car elle a tendance à être trop élevée et à entraîner des conséquences néfastes pour les porcelets. Avec le caillebotis partiel, de légères erreurs de climatisation sont moins catastrophiques qu'avec le caillebotis intégral ⁽¹⁶⁾.

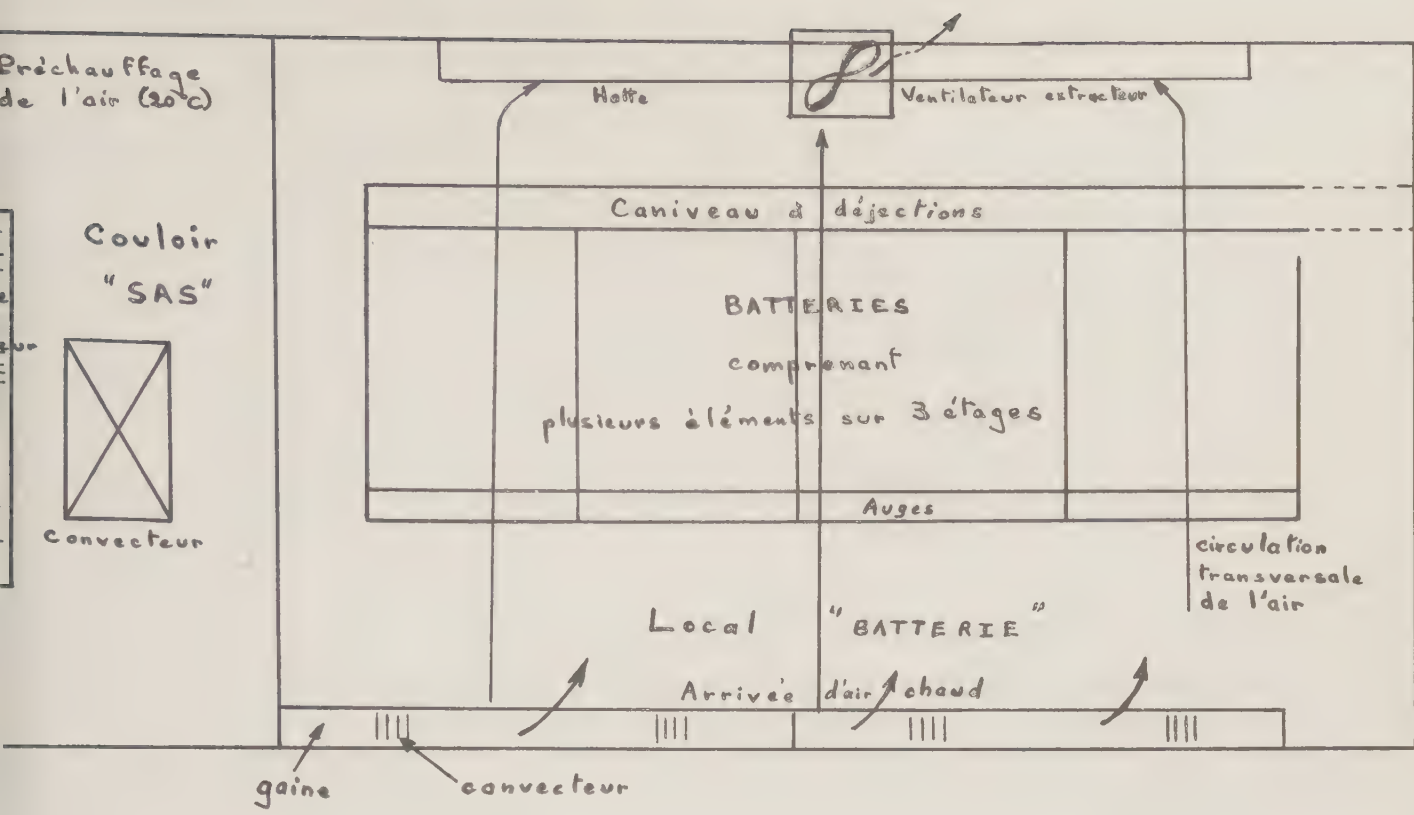


Fig. 112 (61, 62) Vue en plan

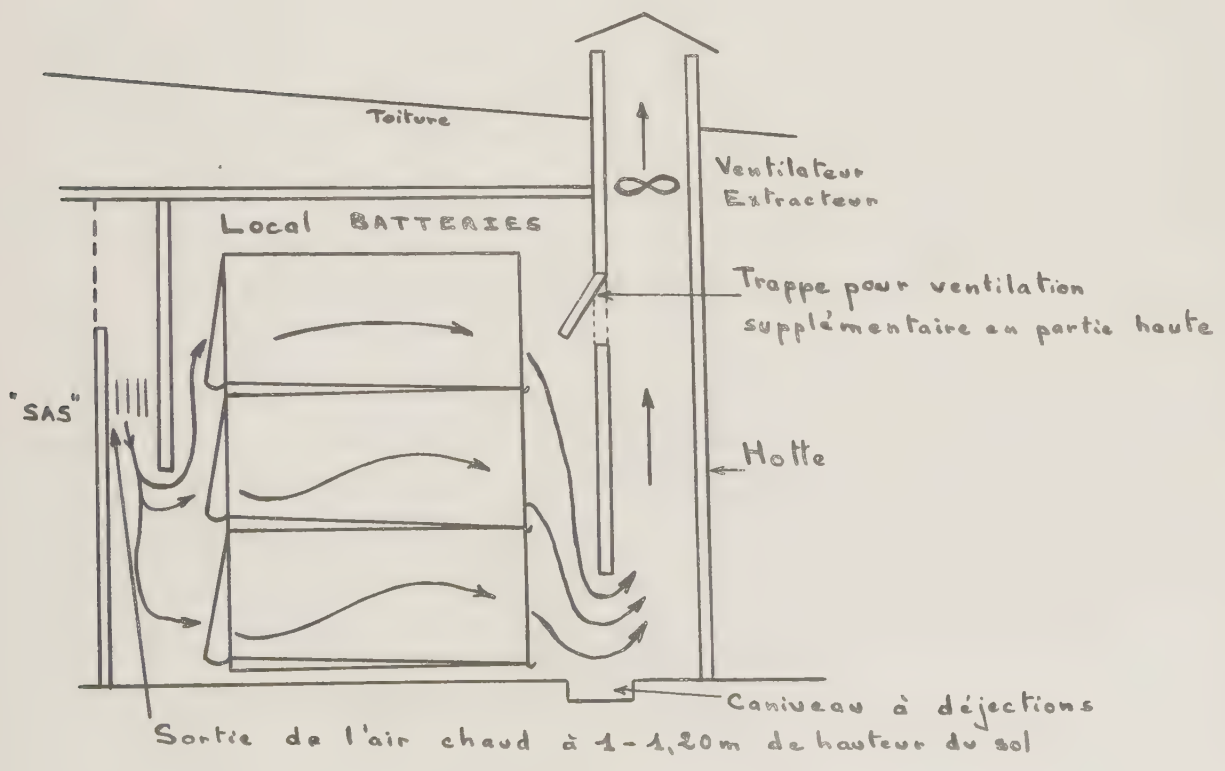


Fig. 113 - Vue en coupe

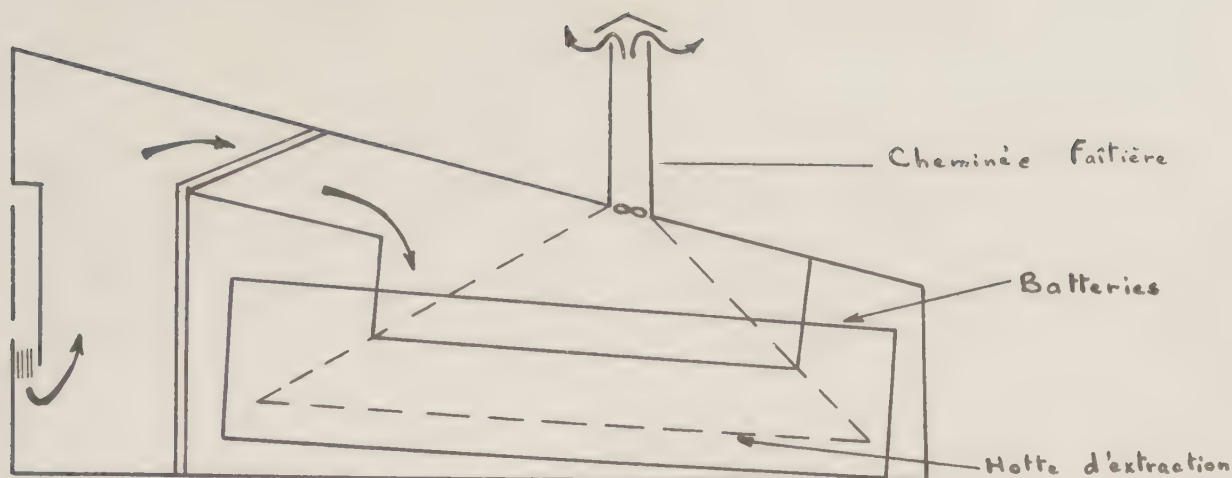


Fig. 114 ⁽⁶¹⁾ Vue en coupe

Le coût du logement par porcelet en batteries demeure inférieur de 20 % à celui des porcelets logés dans un local classique. Le coût du chauffage et de la ventilation représente une très faible part du prix de revient du porcelet sevré très précocement (entre 1 F 40 et 2 F 30 environ). Les performances des porcelets élevés en batteries sont, selon les auteurs, équivalents ⁽⁷⁵⁾ ou nettement supérieurs ⁽⁶⁴⁾ à celles des porcelets placés sur sol paillé. Quand les conditions d'ambiance sont mauvaises, les résultats obtenus sur sol paillé sont meilleurs que ceux obtenus sur caillebotis ou en batteries. Par ailleurs, l'un des nombreux avantages d'utilisation de batteries grillagées dans des locaux climatisés réside dans la limitation du développement de certaines bactéries (*E. coli*) à la fois dans l'atmosphère et dans le tube digestif des porcelets (VAN DER HEYDE, 1970) ⁽⁷⁵⁾. Ceci permet donc de limiter l'apparition des diarrhées et la fréquence des maladies respiratoires. Ainsi, ce système des flat-decks, encore plus que celui des caillebotis, représente la solution d'avenir, à condition que l'ambiance du local soit bien maîtrisée. Les échecs, qui ont été constatés jusqu'à présent, ont toujours été dus à une déficience de climatisation ⁽⁶⁶⁾.

La réussite du sevrage précoce, au cours duquel le porcelet est très sensible aux diverses agressions, passe donc par la réalisation d'un habitat adapté avec une ambiance adéquate : la ventilation et la climatisation étant des facteurs de cette réussite au moins aussi importants que l'alimentation ⁽⁶⁵⁾. C'est pourquoi, la conception de l'installation de ventilation-chauffage doit être étudiée et réglée avec minutie afin d'être véritablement efficace.

.....
: F - LA PORCHERIE D'ENGRAISSEMENT :
.....

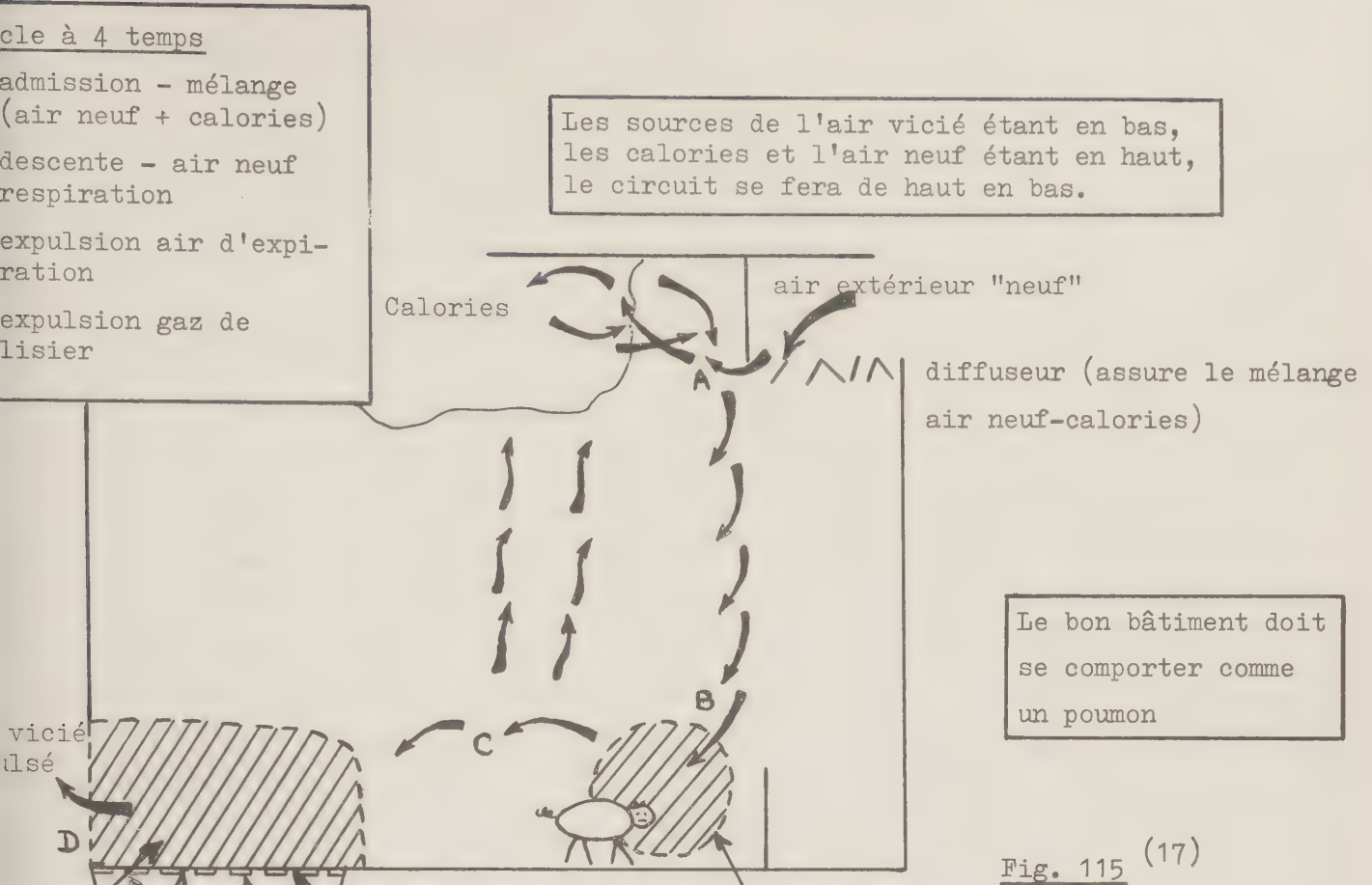
L'engraissement est un stade où se révèlent avec le plus d'acuité les profondes relations existant entre l'animal et l'habitat. C'est pourquoi, il nous faut maintenant envisager en détails les exigences climatiques des porcs à l'engrais et les conséquences néfastes que peut entraîner un système de ventilation défectueux ⁽⁷⁷⁾.

I - LES EXIGENCES CLIMATIQUES DES PORCS A L'ENGRAIS : PRINCIPES ET NORMES A RESPECTER.

1° - Principes.

Il est certain que les besoins des porcs en matière de climat sont très variables selon l'âge ou le poids, la race (rusticité) d'une part, le bâtiment (isolation, ventilation, chauffage) et la concentration en animaux, d'autre part ⁽³⁰⁾. Mais, de toute manière, en porcherie d'engraissement, la concentration animale par unité de surface est telle, que l'aménagement de la climatisation de la porcherie doit être soigné avec la plus grande attention ; ce qui est malheureusement très rarement le cas ⁽¹⁷⁾. Ainsi, quel que soit le type de bâtiment où les porcs à l'engrais sont logés et quelle que soit la méthode mise en oeuvre pour régulariser l'ambiance de la porcherie, la technique de ventilation ne peut être considérée comme véritablement efficace que si elle répond aux critères schématisés sur la figure 115 et aux valeurs indiquées dans le tableau XIII ⁽¹⁷⁾. Ces critères essentiels se résument de la façon suivante :

- admission d'air neuf à l'écart des microclimats pollués (expiration du porc et fermentation des déjections). L'oxygène est le second aliment du porc à l'engrais,
- respiration de cet air neuf après mélange éventuel avec les calories accumulées au plafond sous l'isolant,
- expulsion de l'air d'expiration,
- expulsion des gaz de lisier,
- sortie d'une quantité d'air vicié égale à la quantité d'air neuf admise ⁽¹⁷⁾.



Micro-climat 2 : Produits de fermentation du lisier :

- NH_3 , SH_2 , CH_4 , CO_2
- Mercaptans, amines, sulfures
- Indole, Scatole
- Acides organiques (butyrique, caproïque)

Micro-climat 1 : Produits de l'expiration du porc

- CO_2
- Vapeur d'eau
- Produits gazeux du métabolisme : Amines, Mercaptans, etc...

Poids	Débit minimal vital	Débit maximal (été)	Vitesse d'air minimale (hiver)	Vitesse d'air maximale (été)
25	4	30	0,2	1,5
30	4,5	36	0,2	1,5
40	6	48	0,2	2
50	7	60	0,3	2,5
60	9	72	0,3	3
70	10	84	0,3	3
80	11,5	96	0,4	3,5
90	13	108	0,4	4
100	14	120	0,4	4
110	16	132	0,5	4,5

Volumes d'air du local (m^3 / porc) : 3,5 avec caillebotis partiel
2,5 à 3 avec caillebotis intégral

Tableau XIII (17). Besoins de ventilation des porcs à l'engrais.

2° - Normes.

Ainsi, la promiscuité permanente nécessite le respect de normes pour que les porcs jouissent d'un certain confort et que les porchers mènent à bien facilement leur tâche quotidienne.

a) Le cubage d'air :

Le cubage d'air optimum du local par porc à l'engrais se situe entre 2,5 et 4 m³. Ce volume d'air est très important pour l'ambiance et la ventilation de la porcherie, pour les raisons suivantes : l'animal ayant toujours besoin du même nombre de mètres cubes d'air frais, si le cubage est trop faible, l'air devra se renouveler trop souvent et les variations de température seront très importantes entre le jour et la nuit ou lorsqu'il y aura une saute de vent. Le cubage d'air d'un bâtiment intervient donc comme un tampon dans les variations de température. Il joue en plus le rôle de diluant pour tous les gaz susceptibles de se dégager. Mais, parfois, le cubage sous les animaux provoque des pertes de calories trop importantes. L'inconvénient d'un local à grand volume est donc la nécessité de prévoir une source de chaleur en période froide. Mais la dépense est rapidement amortie par les résultats positifs. C'est pourquoi, les bâtiments étroits et d'un volume réduit sont nettement en perte de vitesse à cause des résultats obtenus tant techniques que financiers. C'est la hauteur du bâtiment qui est essentielle plutôt que la largeur. Aussi, les nouveaux bâtiments ont généralement un volume d'air important et la ventilation adoptée est souvent dynamique (20, 49, 71)

b) Le débit d'air neuf :

En ce qui concerne le débit d'air de renouvellement nécessaire, il est généralement admis que les besoins en air frais du porc à l'engrais sont de 1 m³ par heure et par kilogramme de poids vif au minimum. La quantité d'air nécessaire aux sujets en fin d'engraissement est souvent fixée à 120 m³ par heure et par porc. Encore, cette quantité est-elle nécessaire aux porcs de 100 kg lorsque la température ambiante est comprise dans la zone de neutralité thermique (15 à 22° C). Au-dessus de cette température, les besoins peuvent augmenter jusqu'à 50 %. (90)

c) Les concentrations admissibles des gaz nocifs :

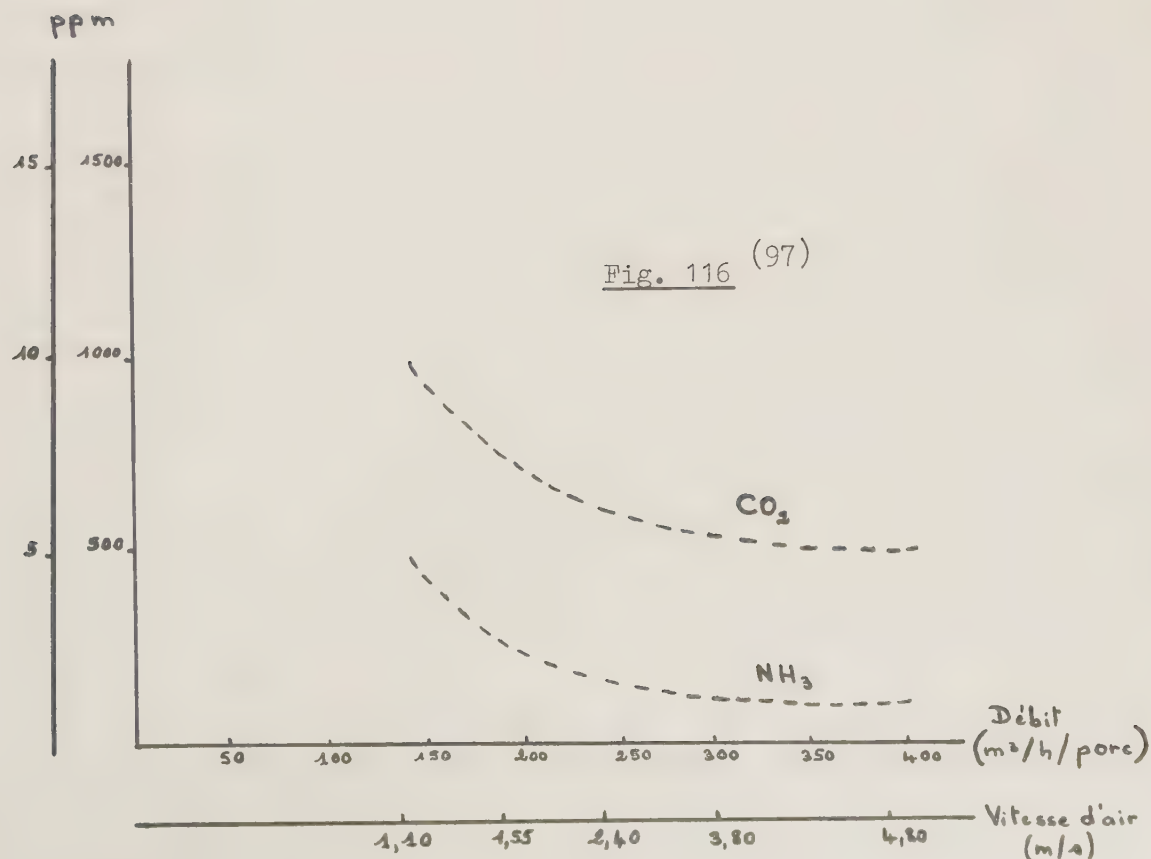
Les normes admissibles pour la pureté de l'air du local sont les suivantes (6, 37, 45, 49).

- . gaz carbonique (CO₂) : 3,5 l / m³
- . ammoniac (NH₃) : 0,1 l / m³
- . anhydride sulfureux (SH₂) : 0,02 l / m³
- . l'air frais doit avoir une concentration en CO₂ de 0,35 l / m³.

Il ne faut pas oublier que les porcs couchés respirent très près du sol et que c'est au ras du sol que ces concentrations doivent être mesurées et aussi à ce niveau que l'oxygénation doit être réalisée. C'est pourquoi, en périodes de fortes chaleurs, des trous percés à la base des murs sont parfois d'une bonne efficacité (37, 92). Or, les concentrations de ces gaz sont bien fonction du régime de la ventilation. Le tableau XIV et la figure 116 font ressortir l'efficacité de la ventilation en montrant son rôle dans le renouvellement de l'air vicié.

Vitesse d'air (m / s)	Débit (m ³ /h/porc)	CO ₂ (ppm)	NH ₃ (ppm : ml/m ³)
1,10	140	1 000	5
1,55	180	850	3
2,40	240	650	1,8
3,80	300	550	1
4,80	375	500	1

Tableau XIV (97): Influence du régime de la ventilation.



Les teneurs en ammoniac et bioxyde de carbone sont inversement proportionnelles à l'importance du régime de la ventilation puisque pour une vitesse de 1,10 m/s et un débit de $140 \text{ m}^3 / \text{h} / \text{porc}$, on trouve 5 ppm d'ammoniac et 1000 ppm de bioxyde de carbone, alors que pour une vitesse de 3,80 m / s et un débit de $300 \text{ m}^3 / \text{h} / \text{porc}$ ces concentrations tombent à 1 ppm d'ammoniac et à 550 ppm de bioxyde de carbone.

Par ailleurs, dans tous les bâtiments ventilés, statiquement ou dynamiquement, la distinction gaz lourds (CO_2 et SH_2) et gaz légers (NH_3 et CH_4) n'a plus lieu d'être. Etant donné le mouvement perpétuel de l'air dans ces bâtiments, les différents gaz se retrouvent à tous les niveaux.

Néanmoins, le stockage des déjections sous forme de lisier pose de nombreux et graves problèmes vis à vis de ces concentrations en gaz nocifs. L'hydrogène sulfureux et le méthane sont rarement détectés (pompe Drager), sauf à quelques centimètres du lisier qui vient d'être brassé. Leur présence doit donc être considérée comme un signal d'alarme et comme un indice inquiétant d'une ventilation mal conçue ou mal utilisée. Lors de l'évacuation du lisier, une très nette augmentation des teneurs en CO_2 et NH_3 a été observée quelques minutes après l'ouverture des vannes, avec un maximum un quart d'heure après. Ainsi le débit de ventilation doit pouvoir être augmenté pendant une demi-heure après l'ouverture des vannes de fosse à lisier. Ce débit pourrait aussi être augmenté lors des repas et diminué lors du repos des animaux, principalement dans les porcheries à caillebotis intégral.

Il faut noter aussi à ce sujet que les teneurs moyennes en NH_3 et CO_2 sont supérieures dans les porcheries à ventilation par extraction-dépression ; les porcheries à ventilation par surpression assurent en apparence une meilleure évacuation des gaz et un meilleur renouvellement de l'air ambiant ⁽⁹⁷⁾.

d) La vitesse de l'air ambiant :

Elle constitue l'un des constituants majeurs des éléments climatiques. Elle est proportionnelle au débit de renouvellement de l'air et elle se trouve en relation étroite avec la température de l'air et le degré d'hygrométrie. Le poids des porcs intervient aussi dans l'établissement de la valeur optimale de la vitesse de l'air ambiant.

Les valeurs possibles de ces vitesses d'air sont comprises entre 0,10 - 0,15 m / s et 5 à 6 m / s. La vitesse la plus basse (0,10 - 0,15 m / s) correspond en réalité à un "air calme". Tandis que la vitesse maximale (5-6 m / s)

est exceptionnelle et ne se rencontre que dans des conditions expérimentales.

Il faut aussi prendre en considération que :

- à température et hygrométrie égales, les animaux de poids élevé supportent des vitesses d'air plus importantes que les animaux de poids faible qui ne tolèrent que des vitesses prudemment dosées ;
- à température et poids égaux, plus l'hygrométrie est importante, plus il est souhaitable que la vitesse de l'air soit élevée ;
- à hygrométrie et poids égaux, plus la température est élevée, plus la vitesse d'air doit être importante ⁽⁸⁶⁾.

Le problème est alors de trouver :

- d'une part, la vitesse minimale (en hiver) compatible avec le confort des animaux, les nécessités de renouvellement d'air horaire et le rendement énergétique et économique du système de climatisation ⁽⁸⁶⁾;
- d'autre part, la vitesse maximale admissible (en été) pour lutter contre la température élevée et donner aux porcs une sensation de bien-être. Car, en périodes estivales, la vitesse de l'air procure une sensation de rafraîchissement. Ainsi, en été, l'air à une température de 30° C est perçu comme de l'air à 25° C s'il circule à 2 m / s. Il est bien entendu qu'il ne faudrait pas procéder de même en hiver où de l'air à 18° C serait alors perçu, à 2 m / s, comme de l'air à 13° C ⁽¹⁷⁾. Aussi, des vitesses d'air optimales ont été établies en fonction des autres paramètres de l'ambiance (température, poids des porcs, humidité relative), afin que celle-ci soit aussi optimale. Les tableaux XIII, XIV, XV, ainsi que les tables et abaques élaborées par l'Institut Technique du Porc, fournissent quelques exemples pratiques de ces valeurs optimales.

Poids	A		B		C		D	
	tb = 16 HR = 80	tb = 16 HR = 60	tb = 18 HR = 80	tb = 18 HR = 60	tb = 20 HR = 80	tb = 20 HR = 60	tb= 24 HR= 80	tb=24 HR=60
30	0	0	0,20	0,10	0,55	0,35	2,45	2,10
40	0	0	0,20	0,10	0,60	0,40	2,60	2,25
50	0	0	0,25	0,15	0,70	0,45	2,75	2,45
60	0	0	0,30	0,20	0,75	0,50	2,95	2,60
70	0	0	0,35	0,20	0,85	0,55	3,15	2,75
80	0	0	0,40	0,25	0,90	0,65	3,35	2,95
90	0,10	0	0,45	0,25	1,00	0,70	3,50	3,15
100	0,15	0,10	0,50	0,30	1,10	0,80	3,70	3,35
110	0 15	0,10	0,55	0,35	1,20	0,85	3,95	3,55
120	0,20	0,15	0,60	0,40	1,25	0,95	4,15	3,75

Tableau XIV - Vitesses d'air optimales dans des ambiances différentes ⁽⁸⁶⁾.

Tableau XV. Valeurs des principaux paramètres définissant l'ambiance optimale

Poids (Kg)	30	40	50	70	70	70
HR %	65	70	60	55	80	55
V (m / s)	0,2	0,2	0,3	0,5	0,5	1,0
t idéale °C	19	18	19	20	19	21,5
Poids (Kg)	30	40	50	70	70	110
HR %	65	70	60	55	70	60
tb °C	21	20	18	23	23	22
V idéale (m / s)	0,6	0,5	0,1	1,7	2,3	1,7

Le problème particulier des fortes chaleurs estivales (30, 55, 67, 80, 89, 92).

Si la climatisation des porcheries ne pose aucun problème particulier en hiver où il suffit généralement de chauffer pour obtenir des conditions d'ambiance acceptables, elle devient par contre très délicate en période estivale où l'introduction d'air neuf, nécessaire à la vie des animaux, s'accompagne souvent d'une élévation de la température du local, alors que l'expulsion de l'air vicié ne suffit pas à évacuer la chaleur dégagée par les porcs et leurs déjections (89).

Plusieurs procédés permettent d'améliorer ces conditions d'ambiance peu satisfaisantes :

- une isolation parfaite comme en hiver pour empêcher la chaleur d'entrer ;
 - l'arrosage de la toiture afin de diminuer les apports solaires en calories ;
 - la nébulisation d'eau, d'une manière contrôlée et dosée, à l'admission d'air ;
- l'ensemble de ces deux derniers procédés, qui sont assez peu onéreux, permet d'espérer un abaissement de 2 à 3° au-dessous de la température extérieure. Or, en l'absence d'un tel système, la température ambiante serait de 3 à 4° supérieure à la température extérieure. Ainsi le gain apporté par ce mode de réfrigération est de 5 à 7° C.

- l'humidification du sol des couloirs à déjections et des couloirs d'alimentation. Cette technique n'apporte pas d'effet important ; elle a plutôt tendance, un peu comme la nébulisation, à créer une humidité excessive préjudiciable aux porcs, s'il y a trop d'eau déversée ou pulvérisée.

Cependant ces trois dernières techniques exigent la possibilité d'utiliser de l'eau en quantité suffisante, ce qui n'est pas toujours réalisable dans les régions à climat chaud et sec.

- la réfrigération du local par l'emploi de groupes de production de froid. Ce procédé apparaît comme la solution idéale, mais il reste actuellement pratiquement inabordable financièrement;

- l'augmentation de la vitesse de l'air intérieur de façon à donner une impression de bien-être en créant un léger courant d'air uniforme. K. L. PETIT a montré que la sensation de chaleur perçue par un animal diminue si la vitesse de l'air ambiant augmente, et que cela est d'autant plus notable que l'animal est plus petit d'une part, que la température est élevée d'autre part. Cette technique est la plus intéressante pour plusieurs raisons essentielles :

- . il est facile d'accroître le débit des ventilateurs déjà en place. Il n'y a pas à réaliser des investissements supplémentaires et les frais de fonctionnement sont pratiquement inchangés ;
- . cette technique est toujours possible (du moins en ventilation dynamique), alors que les autres techniques peuvent être irréalisables (manque d'eau, réfrigération hors de prix) ;
- . de plus, ce procédé se justifie parfaitement du point de vue scientifique puisqu'il fait appel à la notion de température résultante équivalente qui représente la sensation de confort ou d'inconfort perçue par l'animal et qui relie l'hygrométrie, la vitesse de l'air et la "température boule" du local.

La mise en place de cette dernière technique, seule ou associée aux précédentes, doit permettre de maintenir la température ambiante des porcheries d'engraissement au-dessous de 23 - 25° C. Le premier palier de rafraîchissement pour que la température dans la porcherie ne dépasse pas 23 - 25° C peut donc être fourni en jouant sur les débits de ventilation ($120 \text{ m}^3 / \text{h} / \text{porc minimum}$). Puis, lorsque les besoins de froid deviennent plus importants, le refroidissement par les procédés utilisant l'eau peut être mis en jeu. Enfin, si cela est nécessaire pour ne pas dépasser le taux limite d'humidité relative, un groupe frigorigène peut alors entrer en jeu.

Aussi, l'ouverture des châssis latéraux et de trous à la base des murs se révèle souvent efficace. Par contre, l'addition de ventilateurs supplémentaires se révèle souvent une catastrophe, car :

- . des courants d'air apparaissent seulement dans certaines zones de la porcherie par suite d'une mauvaise disposition des entrées d'air et des ventilateurs ;
- . des gaz remontent parfois des fosses à lisier si les entrées d'air sont insuffisantes.

C'est pourquoi, lors de l'installation de la ventilation d'une porcherie, il faut prévoir large. En temps normal, tous les ventilateurs fonctionnent continuellement et à débit réduit. En période chaude, il suffit alors d'augmenter le débit de tous les ventilateurs déjà installés. Ceci permet d'obtenir une répartition toujours uniforme de l'air dans le local et non de très grandes vitesses d'air en quelques points seulement de la porcherie.

3° - Les résultats obtenus par l'Institut Technique du Porc en matière de ventilation des porcheries.

Afin de permettre toutes les régulations précédemment envisagées, l'Institut Technique du Porc (I. T. P.) a mis au point un index bioclimatique. A partir d'une formule initiale établie pour le veau par K. L. PETIT, et après une importante série d'expériences et d'observations (pour établir la relation existant entre la température résultante équivalente et les animaux), les chercheurs de l'Institut Technique du Porc ont mis au point un index de confort défini selon la formule simplifiée suivante (17, 77, 80, 85, 86, 89):

$$B = 0,89 \text{ tb} + 0,05 \text{ HR} - 1,81 \text{ V} + 0,2 \text{ P} - \beta$$

B = index bioclimatique de confort

tb = température résultante ou température "boule" en ° C, mesurée au thermomètre boule ;

avec $\text{tb} = \text{trs} = 0,47 \text{ ta} + 0,53 \text{ tp}$; la température boule ou température résultante sèche (trs) est fonction de la température ambiante (ta) et de la température des parois (tp) (sols, murs, plafonds et toute source de chaleur rayonnante : chauffage, animaux ...).

HR = humidité relative (en %) mesurée par un psychromètre

V = vitesse de déplacement de l'air intérieur (en m / s) mesurée à l'anémomètre ou au katathermomètre

P = poids moyen des animaux présents (en kg)

β = constante spécifique : 23,15 pour les porcelets ; 21,15 en engraissement ; 19,15 pour les reproducteurs.

La température résultante équivalente (tre) représente la sensation de confort ou d'inconfort perçue par l'animal. Elle est fonction :

- . de la température boule (tb ou trs) ;
- . de l'humidité relative (HR) ;
- . de la vitesse de l'air intérieur (V).

Cet index tient donc compte à la fois des données climatiques : hygrométrie, vitesse d'air et température, et des données biologiques : poids et tem-

pérature corporelle des animaux (fixée à 39° C).

La valeur optimale de l'index de confort correspond chez le porc à l'engrais à $B = 0$; mais un bioclimat maximal est obtenu pour des valeurs de B comprises entre $- 2$ et $+ 2$. (Pour $+ 4$: chaud ; $+ 6$: trop chaud ; $+ 8$: beaucoup trop chaud ; $+ 10$: excessivement chaud ; les valeurs tendant vers $- 10$ indiquent un bioclimat de plus en plus froid).

Cet index, qui peut à première vue paraître complexe et rébarbatif, permet, d'une part :

- de mesurer avec précision l'ambiance de la porcherie ;

- d'établir un diagnostic, précis sur la qualité de l'ambiance d'une porcherie, et objectif surtout, en prenant en considération les différents facteurs ambiants, y compris ceux sous dépendance de la ventilation.

D'autre part, à l'aide des tables calculées à partir de l'index bioclimatique, il permet :

- soit de corriger une ambiance défectueuse ;

- soit de déterminer avec certitude la meilleure ambiance adaptée à chaque catégorie de porcs ⁽⁸⁰⁾. Aussi, selon les formules suivantes, en considérant $B = 0$, il est possible de calculer : soit la température "boule" optimale, soit, ce qui nous préoccupe, la vitesse d'air optimale ⁽⁸⁹⁾.

$$tb = 23,76 + 2,03 V - 0,056 HR - 0,025 P$$

$$V = 0,49 tb + 0,028 HR + 0,0011 P - 11,69$$

Cette vitesse de l'air peut être lue sur la courbe du katathermomètre ou sur le cadran de l'anémomètre. A l'aide d'un katathermomètre et d'un chronomètre, il est possible de déterminer la vitesse de l'air dans une porcherie selon le principe suivant. Le katathermomètre est chauffé à 40° C (à l'aide d'eau chaude) et le chronomètre mesure le temps mis par la colonne d'alcool pour descendre entre deux repères marqués. Ce temps étant proportionnel à la température et à la vitesse de l'air, une courbe, fournie avec le katathermomètre, permet de retrouver la valeur approchée de cette vitesse d'air.

L'anémomètre à fil chaud remplace le katathermomètre et le chronomètre. La lecture de la vitesse d'air est directe et se fait sur le cadran de l'appareil. En plus de la simplicité d'utilisation, une plus grande précision est obtenue en utilisant un anémomètre à fil chaud ⁽⁸⁷⁾. L'Institut Technique du Porc a aussi établi toute une série de tables qui permettent à l'éleveur de considérer cette méthode simple comme un nouvel outil de travail quotidien et de corriger et régler, facilement et parfaitement, l'ambiance de ses bâtiments ⁽⁸⁷⁾.

Jusqu'alors, le réglage du thermostat et des ventilateurs se faisait, très souvent, en fonction de l'impression de confort du porcher ou de données de température ne tenant pas compte de l'humidité relative et de la vitesse de l'air. Les tables de température et de vitesse d'air idéales permettent maintenant un réglage rigoureux des régulateurs de chauffage et de ventilation, et un ajustement précis des conditions d'ambiance au poids des animaux ⁽⁸⁷⁾. De plus, elles peuvent faire économiser de l'énergie, car les valeurs de températures idéales obtenues sont inférieures aux valeurs citées couramment jusqu'alors ⁽⁸⁰⁾.

Les valeurs citées dans les tables (4 exemples : Tableaux XVI, XVII, XVIII, XIX) ont été calculées en considérant $B = 0$; il est donc possible d'accepter que les valeurs indiquées pour la température et la vitesse d'air soient tempérées. Dans les tables température, les valeurs de température calculées pourront être modifiées de plus ou moins $1,5^{\circ} \text{C}$. Dans les tables vitesse d'air, les valeurs de vitesse d'air calculées pourront être modifiées de 50 % de la valeur lue, en plus ou en moins. Bien que toutes les valeurs possibles soient figurées dans les tables complètes (établies de 30 à 250 kg, disponibles à l'Institut Technique du Porc,), les valeurs les plus probables se rencontrent surtout à l'intérieur des "fourchettes" suivantes :

- . Température : 15 à 30°C ;
- . Humidité relative : 45 à 75 % ;
- . Vitesse d'air : 0,2 à 1,5 m / s.

Afin de rendre encore plus simple la maîtrise de la ventilation, de la température et de l'hygrométrie, l'Institut Technique du Porc a établi des abaques (Fig. 117 et 118) qui résument l'ensemble des tables, et qui permettent la connaissance instantanée des meilleures conditions climatiques. Avec une certaine habitude qui s'acquiert très vite, l'utilisation de ces abaques est d'une simplicité enfantine ⁽⁸⁰⁾. La température ambiante idéale (Fig. 117) ou la vitesse d'air ambiant idéale (Fig. 118) peuvent être rapidement déterminées ; il suffit de procéder de la façon suivante :

- a) Porter sur le graphique le poids moyen des animaux ;
- b) Porter sur les graphiques, soit la vitesse d'air lue, soit la température lue sur le thermomètre ;
- c) A partir du point d'intersection obtenu et avec la valeur de l'hygrométrie lue sur le psychromètre, la température ou la vitesse d'air recherchées sont aussi figurées sur le graphique correspondant.

Premier exemple : détermination de la température en période froide (Fig. 117).

Sur le graphique de gauche, porter le poids moyen des animaux et la vitesse d'air observée (40 kg et 0,5 m / s par exemple) ce qui définit le point a d'intersection de la perpendiculaire 40 kg et de la courbe 0,5 m/s. A partir de

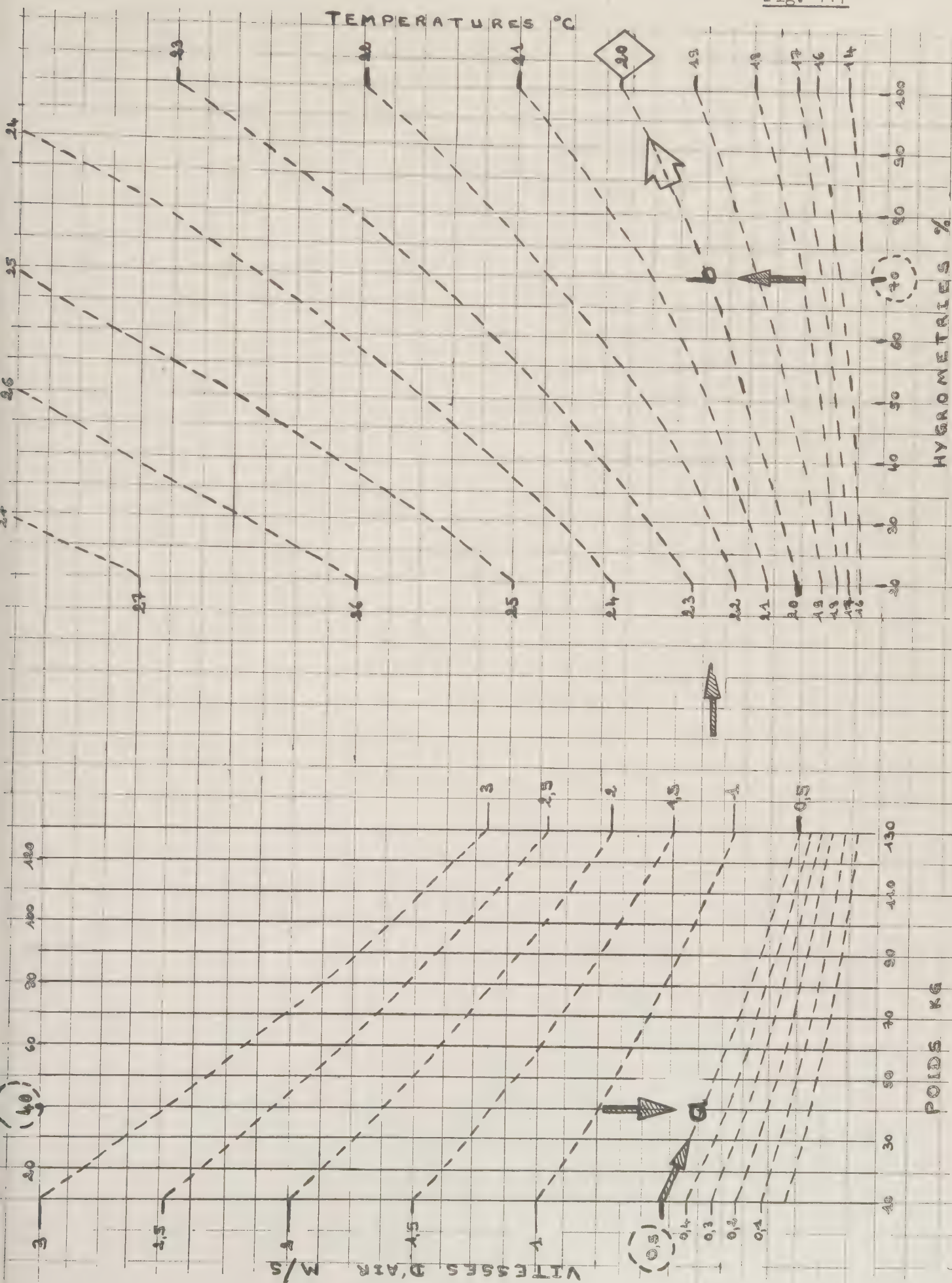
HUMIDITE POUR CENT	VITESSE DE L'AIR (METRE/SECONDE)													
	.1	0,2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
10	20,8	21,7	22,4	22,8	23,4	23,7	24,2	24,4	24,6	24,7	25,7	26,5	27,2	27,5
15	20,5	21,5	22,2	22,6	23,1	23,4	23,7	24,1	24,3	24,5	25,5	26,3	26,7	27,3
20	20,3	21,2	21,7	22,3	22,7	23,2	23,4	23,7	24,1	24,3	25,2	25,8	26,5	26,9
25	19,8	20,8	21,5	22,1	22,4	22,7	23,2	23,4	23,6	23,8	24,8	25,5	26,2	26,6
30	19,6	20,5	21,3	21,7	22,2	22,5	22,8	23,2	23,4	23,6	24,6	25,3	25,8	26,4
35	19,4	20,3	20,9	21,4	21,8	22,3	22,5	22,8	23,2	23,4	24,3	25,1	25,6	26,2
40	19,1	20,1	20,6	21,2	21,6	22,1	22,3	22,6	22,8	23,1	24,1	24,7	25,4	25,8
45	18,8	19,7	20,4	20,9	21,4	21,7	22,1	22,3	22,6	22,8	23,8	24,5	25,1	25,6
50	18,5	19,5	20,2	20,6	21,1	21,5	21,7	22,1	22,3	22,5	23,5	24,3	24,8	25,3
55	18,3	19,3	19,8	20,4	20,8	21,2	21,5	21,8	22,1	22,3	23,3	24,1	24,6	25,1
60	18,1	19,1	19,6	20,2	20,6	21,1	21,3	21,6	21,8	22,1	23,1	23,8	24,4	24,9
65	17,8	18,7	19,4	20,1	20,4	20,7	21,1	21,4	21,6	21,8	22,8	23,6	24,2	24,6
70	17,6	18,5	19,2	19,7	20,2	20,5	20,8	21,1	21,4	21,6	22,6	23,4	24,1	24,4
75	17,4	18,3	19,1	19,5	20,1	20,3	20,6	20,9	21,2	21,4	22,4	23,2	23,7	24,2
80	17,2	18,1	18,7	19,3	19,7	20,1	20,4	20,7	21,1	21,2	22,2	23,1	23,5	24,1
85	17,1	18,1	18,5	19,1	19,5	19,8	20,2	20,5	20,7	21,1	22,1	22,7	23,3	23,8
90	16,8	17,7	18,3	18,8	19,3	19,6	20,1	20,3	20,5	20,8	21,8	22,5	23,1	23,6
95	16,6	17,5	18,1	18,6	19,1	19,4	19,8	20,1	20,3	20,6	21,6	22,3	23,1	23,4
100	16,4	17,3	18,1	18,4	18,9	19,2	19,6	19,9	20,1	20,4	21,4	22,1	22,7	23,2

[illegible]

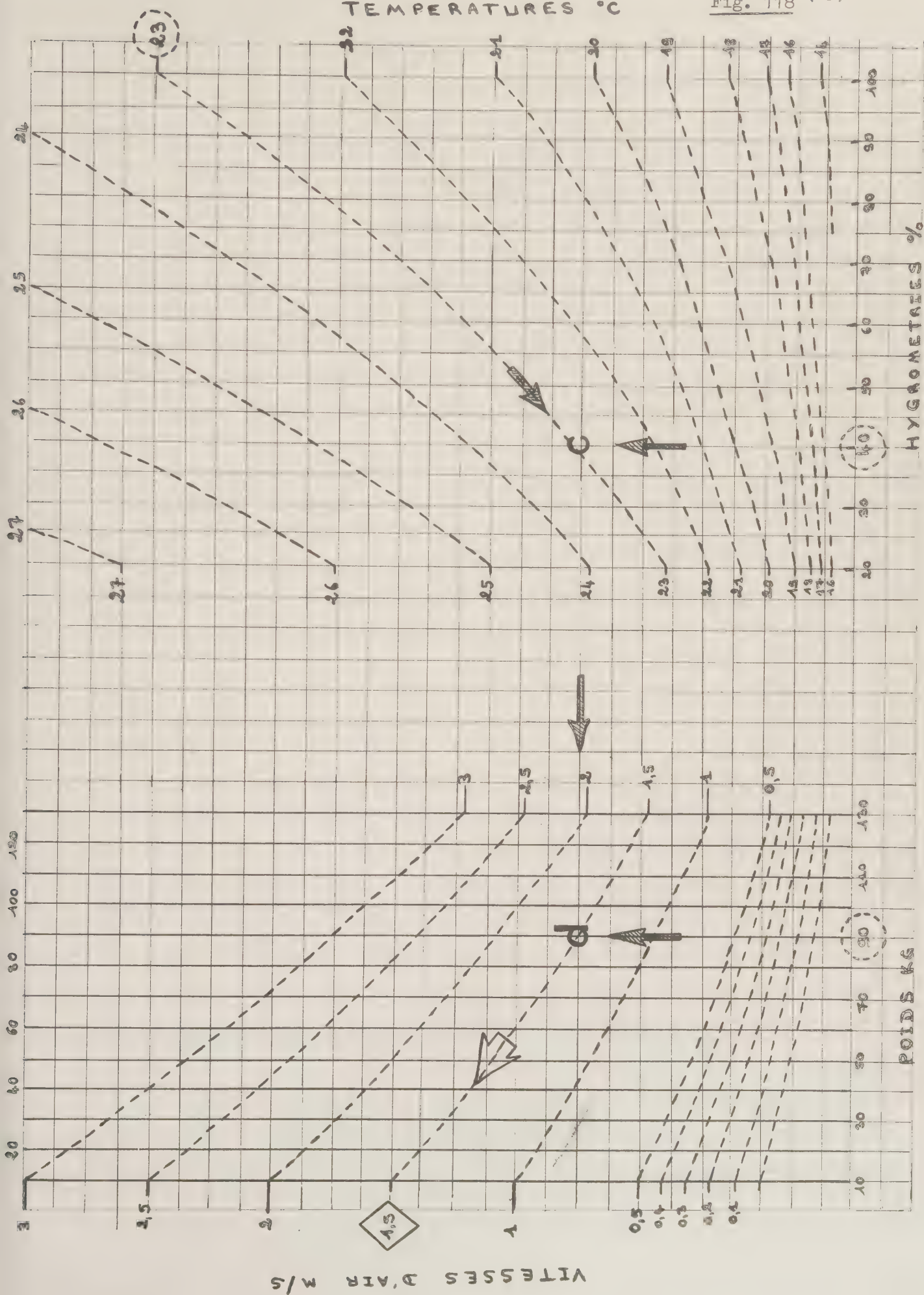
TEMPERATURE RESULTANTE SECHE OPTIMALE (DEGRES C)											POIDS VIF MOYEN = 80 KGS			
HUMIDITE POUR CENT	VITESSE DE L'AIR (METRE/SECONDE)													
	.1	.2	.3	.4	0,5	.6	.7	.8	.9	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
10	19,3	20,3	20,8	21,5	21,8	22,4	22,6	23,1	23,3	23,5	24,6	25,4	26,1	26,5
15	18,8	19,8	20,6	21,3	21,6	22,2	22,4	22,7	23,1	23,3	24,3	25,2	25,6	26,3
20	18,6	19,6	20,4	20,8	21,4	21,7	22,2	22,4	22,7	23,1	24,1	24,7	25,4	25,8
25	18,4	19,4	20,2	20,6	21,2	21,5	21,8	22,2	22,4	22,7	23,7	24,5	25,2	25,6
30	18,2	19,2	19,7	20,4	20,8	21,3	21,6	21,8	22,2	22,4	23,5	24,3	24,8	25,4
35	17,8	18,8	19,5	20,2	20,6	21,1	21,3	21,6	21,9	22,2	23,3	24,1	24,6	25,2
40	17,6	18,6	19,3	19,8	20,3	20,7	21,1	21,4	21,6	21,9	23,1	23,7	24,4	24,9
45	17,4	18,4	19,1	19,6	20,1	20,5	20,8	21,2	21,4	21,7	22,7	23,5	24,2	24,6
50	17,2	18,2	18,8	19,4	19,8	20,3	20,6	20,9	21,2	21,4	22,5	23,3	23,9	24,4
55	16,9	17,8	18,6	19,2	19,6	20,1	20,4	20,7	21,1	21,2	22,3	23,1	23,7	24,2
60	16,7	17,6	18,4	18,9	19,4	19,7	20,2	20,5	20,7	21,1	22,1	22,8	23,5	24,1
65	16,5	17,4	18,2	18,7	19,2	19,5	19,9	20,2	20,5	20,8	21,8	22,6	23,3	23,8
70	16,3	17,3	18,1	18,5	19,1	19,3	19,7	20,1	20,3	20,6	21,6	22,4	23,1	23,6
75	16,1	17,1	17,7	18,3	18,7	19,1	19,5	19,8	20,1	20,4	21,4	22,2	22,8	23,4
80	15,8	16,8	17,5	18,1	18,5	19,1	19,3	19,6	19,9	20,2	21,2	22,1	22,6	23,2
85	15,6	16,6	17,3	17,9	18,3	18,7	19,1	19,4	19,7	20,1	21,1	21,8	22,4	23,1
90	15,4	16,4	17,1	17,7	18,1	18,5	18,9	19,2	19,5	19,7	20,8	21,6	22,2	22,8
95	15,2	16,3	17,1	17,5	18,1	18,3	18,7	19,1	19,3	19,5	20,6	21,4	22,1	22,6
100	15,1	16,1	16,8	17,3	17,8	18,1	18,5	18,8	19,1	19,4	20,4	21,2	21,9	22,4

[illegible]

Fig. 117 (89)



TEMPERATURES °C



ce point a, tracer une droite horizontale rejoignant le graphique de droite. Le point d'intersection b obtenu à partir de l'horizontale précédente et de la verticale correspondant à l'hygrométrie observée dans le bâtiment (70 %) se trouve sur la courbe de température optimale, ici à 20 °C.

Deuxième exemple : détermination de la vitesse en période chaude (Fig. 118).

On procède inversement par rapport au cas précédent.

Sur le graphique de droite, porter l'hygrométrie et la température de l'air intérieur (40 % et 23° C par exemple) ce qui définit le point c intersection de la perpendiculaire 40 % et de la courbe 23° C. A partir de ce point c, tracer une droite horizontale rejoignant le graphique de gauche. Le point d'intersection d obtenu à partir de l'horizontale précédente et de la verticale correspondant au poids moyen des animaux (90 kg par exemple) se trouve sur la courbe de vitesse optimale, dans cet exemple 1,5 m / s (80, 89).

L'Institut Technique du Porc étudie et propose encore mieux : un appareil électronique de régulation automatique de l'ambiance qui se substitue alors aux instruments et aux tables de correction. La seule intervention manuelle de l'éleveur réside en l'affichage du poids moyen des animaux (87). L'utilisation de cet appareil paraît idéale : en un temps record, l'éleveur peut réaliser une ambiance parfaite et continue dans la porcherie.

L'adoption d'une telle méthode implique des changements d'habitudes de la part des éleveurs dans une certaine mesure, mais surtout de la part des constructeurs, car l'obtention à volonté de vitesses d'air variées et parfois élevées passe par le choix d'une ventilation dynamique avec ventilateurs à vitesse variable et très forte puissance commandée par une régulation continue et automatique. Par ailleurs, l'isolation thermique du bâtiment doit être aussi perfectionnée que possible. Il semble, que dans ces conditions, la ventilation dynamique par surpression avec recyclage partiel de l'air intérieur soit la méthode la plus favorable (80, 87).

II - LES PARTICULARITES DE L'ENGRAISSEMENT SUR CAILLEBOTIS.

L'installation de plus en plus fréquente de caillebotis, partiel ou intégral, pose de nouveaux problèmes pour la ventilation des porcheries. Certains éleveurs sont absolument opposés au stockage des déjections sous les animaux, sous prétexte que le dégagement de gaz peut nuire à l'ambiance. Il est vrai que les fosses externes représentent un avantage considérable par rapport aux fosses situées dans l'enceinte même du bâtiment. Il est également vrai que des échecs

retentissants ont eu lieu dans les porcheries sur lisier. Mais ces déboires étaient souvent dûs à une déficience de ventilation dans ces bâtiments. Car, on voit encore, en particulier, des descriptions de porcheries sur caillebotis avec stockage du lisier sous les animaux, qui ne comportent pas d'extraction basse des gaz nocifs au niveau de la fosse. Pour certains auteurs ⁽⁷⁸⁾, le nombre de porcs par unité de surface est si grand que, couchés, les porcs recouvrent pratiquement toute la surface du caillebotis et qu'il est donc illusoire de prévoir une extraction basse et que d'ailleurs les résultats sont aussi bons sans cette extraction basse. Ces propos semblent difficilement justifiables ; car, ce système oblige alors à ventiler beaucoup plus l'ensemble du bâtiment pour maintenir une ambiance correcte, ce qui est très dangereux ⁽²⁰⁾.

Ainsi, lorsque l'on conçoit une porcherie à lisier en ventilation naturelle, même si ce lisier ne séjourne que quelques heures sous les animaux, il est indispensable de prévoir une extraction mécanique de faible volume au niveau de la fosse, à moins que le caniveau ne soit placé à l'extérieur. Il est donc possible de recourir à une ventilation statique, tout au moins en partie, avec le caillebotis partiel. Dans ce cas, la ventilation est plus facile à installer et le coût est moindre. La ventilation naturelle doit assurer 80 % des besoins et la ventilation mécanique au niveau du lisier 20 % seulement. Cette extraction basse ne peut être faite naturellement et, à partir du moment où le lisier est stocké dans l'enceinte même de la porcherie, elle devient obligatoire. Elle est même prioritaire et doit être permanente, afin d'assurer une bonne évacuation des gaz toxiques ^(17, 20, 38). Le fait d'extraire un faible volume d'air (il ne s'agit pas d'assurer le renouvellement total), au niveau des déjections, permet de créer un rideau d'air frais au-dessus du lisier, rideau qui empêche les gaz et la vapeur d'eau de se dégager dans la porcherie et qui contribue à maintenir la propreté du gisoir dans le cas de caillebotis partiel ⁽²⁰⁾.

Dans le cas du caillebotis intégral, pour la plupart des auteurs, la ventilation statique est à proscrire formellement dans ce type de porcheries ⁽¹⁷⁾. Cependant, il semble qu'un bâtiment sur caillebotis total puisse être équipé en ventilation naturelle, mais partiellement. Dans ce cas, l'extraction basse doit assurer non plus 20 % des besoins mais environ 40 %. Le reste peut être assuré par la ventilation naturelle. Le problème de ventilation, dû au caillebotis intégral, est plus difficile à résoudre du fait du volume de la fosse et de sa surface. C'est le système où la ventilation est la plus délicate à installer et à régler et où elle influe le plus sur les performances des porcs. La présence du caillebotis sur toute la surface de la case représente une contrainte pour le porc ; il ne peut plus choisir, il subit sans pouvoir se protéger le chauffage et la ventilation. De plus, les pertes de calories auxquelles le porc est très sensible, sont souvent plus importantes. Avant la mise au point de la technique

d'extraction basse, de nombreux échecs ont été enregistrés parce que l'extraction avait été conçue avec des points de succion trop espacés les uns des autres ou des débits trop importants qui créent des courants d'air. Pour ventiler régulièrement toute la partie déjections et donner aux porcs une sensation de confort sur ces caillebotis intégral, il est nécessaire de prévoir un système de "tuyaux d'orgue". Seul ce système de gaines permet qu'il n'y ait à aucun endroit de la surface du lisier de zone sur-ventilée ou sous-ventilée (17, 20). Une autre erreur courante consiste à concevoir un déclenchement de l'extraction basse sur thermostat, alors que cette dernière doit être permanente et prioritaire par rapport au reste de la ventilation. Il faut que cette extraction soit à la fois faible et continuelle pour éviter tout courant d'air et pour ne pas perturber l'ensemble de la ventilation (20).

Ainsi dans les porcheries à caillebotis intégral ou partiel, si l'ambiance est bonne et cette condition est vraiment impérative, les performances zootechniques sont souvent meilleures, la propreté des cases est nettement améliorée et les problèmes sanitaires sont également beaucoup moins fréquents (17, 71). L'expérience des éleveurs, dans le Finistère et aux Etats-Unis, a montré la supériorité d'une extraction, au moins partielle, des gaz, au-dessous des caillebotis, par rapport aux systèmes plus traditionnels : extraction haute ou latérale (8). Mais il est bien évident que ce système exige beaucoup d'attention et de surveillance de la part de l'éleveur ainsi que beaucoup de minutie dans l'installation et le réglage de la part du constructeur ; la moindre défaillance dans l'installation, de l'éleveur ou du système de contrôle de l'ambiance se répercute immédiatement sur les performances. C'est pourquoi il ne faut pas attribuer au lisier des échecs qui sont dûs à la ventilation. L'extraction basse joue un rôle bien à part dans la ventilation mais elle est d'une importance primordiale (20).

III - LA VENTILATION ET LE CHAUFFAGE.

Dans les porcheries d'engraissement, le chauffage n'est généralement pas indispensable, sauf entre 25 et 40 kg, si l'isolation thermique et la ventilation sont correctes ; mais il peut largement améliorer l'ambiance dans certains cas. Ainsi, le système d'alimentation en soupe avec caillebotis intégral suppose un système de ventilation-chauffage absolument sans défaillance, à cause du taux d'humidité très élevé (20).

Cependant, il faut toujours se garder de séparer le réglage du chauffage de celui de la ventilation ; sinon les ventilateurs vont tourner pour évacuer la chaleur produite par le chauffage. Il est admis que l'extraction basse continue à fonctionner lorsque le chauffage est en route, mais pas que la ventila-

tion et le chauffage fonctionnent ensemble. Car l'air chaud a tendance à se concentrer dans les parties hautes du bâtiment et cherche à s'échapper par le moindre des interstices ⁽²⁰⁾. Trop de porcheries sont équipées d'une sonde thermique destinée à déclencher le fonctionnement du chauffage et celui des ventilateurs, ce qui est une absurdité. Il en résulte que durant l'hiver, les ventilateurs ne fonctionnent jamais suffisamment si l'on veut respecter une température normale. Il est vraiment nécessaire d'insister sur l'obligation de dissocier la température ambiante et la ventilation. La sonde thermique ne doit avoir pour but que de régler l'apport de chaleur en fonction du régime de ventilation, réglé indépendamment et proportionnellement au nombre et au poids des porcs présents dans le local, pour une hygrométrie fixée, variant entre 50 et 70 % ⁽⁹⁰⁾.

Il est également préférable d'éviter les systèmes de chauffage intermittents à air chaud et sec qui produisent des variations d'hygrométrie de très courte durée mais répétées, ce qui nécessite pour les porcs une adaptation sans cesse renouvelée et provoque une irritation de leur muqueuse respiratoire ⁽²⁰⁾.

IV - LA VENTILATION ET LES NUISANCES OLFACTIVES ^(98, 100, 101, 102, 103, 104)

La nouvelle législation relative aux établissements classés provoquent, à propos de l'environnement, de graves problèmes techniques et économiques dans certaines porcheries.

Dans une certaine mesure, la ventilation peut jouer un rôle non négligeable dans la limitation des odeurs. En effet, les teneurs en gaz dans une porcherie sont proportionnelles à la température ambiante et inversement proportionnelles à l'intensité de la ventilation.

Par ailleurs, l'élimination de la source des odeurs peut être obtenue par les différentes méthodes de traitement du lisier ; mais les investissements et les coûts de fonctionnement pour ce traitement sont vraiment trop élevés. De plus, l'odeur de porc et des gaz de l'air vicié rejeté à l'extérieur persiste.

Aussi, la meilleure solution pour limiter ces nuisances olfactives semble résider dans le traitement de l'air à la sortie des bâtiments, en pouvant y associer celui de la fosse à lisier. Plusieurs méthodes peuvent être mises en pratique pour le traitement des odeurs à l'aide de la ventilation :

- l'élimination des poussières sur lesquelles se fixent les odeurs des différents gaz (amines, etc...) et l'odeur caractéristique de porc. Cette élimination des poussières peut être réalisée par aspiration-filtration ou par préci-

pitation électrostatique ;

- les méthodes de combustion thermique et catalytique ;
- les méthodes d'adsorption physique avec le charbon activé ou les résines échangeuses d'ions ;
- les méthodes d'absorption, soit par voie humide en dissolvant les gaz odorants, soit à l'aide de laveurs neutralisant les gaz acides ou basiques ;
- le masquage des odeurs en utilisant des masquants en aérosols ambiants ou localisés dans les gaines et les cheminées de ventilation, en particulier dans les conduits d'évacuation de l'air vicié dans la ventilation dynamique par extraction;
- l'ozonisation, soit de l'air ambiant par simple diffusion ou par légère propulsion, soit de l'air extrait ;
- l'emploi de désodorisants chimiques situés aux sorties de l'air vicié.

Néanmoins, ces méthodes de traitement de l'air vicié sont difficiles à mettre en oeuvre. Elles ne peuvent, le plus souvent, être envisagées que dans le cas d'un ventilateur unique ou d'un nombre restreint de ventilateurs extrayant l'air vicié de la porcherie.

Mais il suffit souvent de respecter quelques nécessités pour espérer limiter les coûts d'installation et de fonctionnement résultant de l'obligation d'atténuer les nuisances. Ainsi, le positionnement des ventilateurs sur le bâtiment doit tenir compte des habitations voisines pour éviter que l'air vicié extrait de la porcherie soit dirigé vers les habitations les plus proches. Le renouvellement de l'air doit être assuré par une ventilation suffisamment dimensionnée ; certains essais ont montré que les odeurs sont très fortement atténuées en diluant l'air de la porcherie près de 15 fois avec de l'air frais et que la ventilation dynamique en surpression est préférable à la ventilation dynamique en dépression. Le dispositif évacuateur de l'air vicié de l'installation de ventilation exerce aussi une grande influence sur la diffusion des odeurs. Si l'extraction de l'air vicié du bâtiment se fait par un lanterneau situé sur le faite du toit, il en résulte de meilleures conditions de dispersion des odeurs pour le voisinage. Parfois simplement la hauteur d'une cheminée d'évacuation peut aboutir à la diffusion et à la dispersion correcte des odeurs. Il convient donc de veiller à ce que la sortie de l'air vicié soit aussi élevée que possible. Le respect de cette nécessité permet aussi de supprimer les effets néfastes pouvant être produits par les obstacles.

. Outre l'influence de la fréquence, de la régularité du vent et de la direction des vents dominants, la vitesse verticale de sortie de l'air vicié influence largement sur la distance de projection.

. Enfin, l'étude préalable des conditions météorologiques et topographiques du lieu d'implantation de la porcherie doit être aussi prise en considération.

Ainsi, en respectant ces différentes conditions, une porcherie équipée d'une bonne ventilation dynamique ne doit pas procurer de graves ennuis de nuisances olfactives.

V - L'INFLUENCE DES TYPES DE VENTILATION ET DES CONDITIONS D'AMBIANCE SUR LES PERFORMANCES EN PORCHERIES D'ENGRAISSEMENT.

Une étude comparée des performances zootechniques dans des porcheries d'engraissement en ventilation statique, en ventilation dynamique par dépression et en ventilation dynamique par surpression a été réalisée ⁽⁹⁴⁾. La meilleure croissance (Gain Moyen Quotidien de 718 grammes) a été enregistrée dans une porcherie chauffée, ventilée en dépression, avec un grand volume disponible (4 m^3 / porc). Il faut remarquer que c'est ce bâtiment qui présente les meilleures caractéristiques d'ambiance (67 % des valeurs de B entre -2 et +2). Les gains moyens quotidiens réalisés dans les 4 autres porcheries (2 en surpression, 1 en dépression, 1 en ventilation statique) oscillent entre 644 et 676 grammes. Ces résultats permettent donc de conclure que le système de ventilation en lui-même n'est pas significatif. C'est le volume d'air par porc qui a une influence favorable sur le gain moyen quotidien et sur la qualité des carcasses. Il faut aussi noter que le chauffage dans les 2 porcheries en surpression a été défaillant par suite d'incidents techniques. Ainsi, en restant prudent, il est permis de penser que les concordances trouvées entre les performances animales et les index bioclimatiques sont indicatrices d'une liaison existant entre le micro-climat du bâtiment et les résultats d'engraissement obtenus. Par ailleurs, cette étude montre que l'épaisseur de lard dorsal des porcs engraisés dans les bâtiments en ventilation statique est significativement plus faible que celle des porcs élevés dans les bâtiments fermés en ventilation dynamique.

D'autre part, des expériences réalisées à l'Université de NEWCASTLE ⁽⁹⁶⁾ montrent que les porcs engraisés dans des conditions d'ambiance normale (21°C et 72 % d'hygrométrie) ont une croissance meilleure (gain moyen quotidien de 735 g contre 581 g) et un indice de consommation plus faible (3,33 contre 3,43) que les porcs élevés dans des conditions d'ambiance chaude et humide (28°C et 92 % d'humidité relative).

Par ailleurs, les résultats expérimentaux obtenus aux Etats-Unis par la Société PURINA ⁽⁹¹⁾ montrent l'extrême importance des conditions d'environnement, c'est-à-dire la température, l'hygrométrie, la concentration en gaz et la vitesse de l'air ambiant. De nombreux tests d'engraissement ont été réalisés, en respectant les différentes périodes de l'année :

- 1° sur sol cimenté et sur caillebotis, en porcheries classiques ni isolées, ni ventilées mécaniquement ;
- 2° sur sol cimenté et sur caillebotis, en porcheries isolées et ventilées mécaniquement.

Ces expériences prouvent que :

1°. Lorsqu'il n'y a pas de climatisation, les rendements sont moins bons (605 au lieu de 740 g de gain moyen quotidien) sur caillebotis que sur sol cimenté. Pendant l'hiver les porcs sur caillebotis souffrent énormément du froid et les résultats sont très mauvais (gain moyen quotidien de 477 g et indice de consommation très élevé : 4,99 au lieu d'une moyenne annuelle de 3,88 et de 3,43 sur sol cimenté). Fait plus étonnant, pendant l'été les porcs engraisés sur caillebotis souffrent plus de la chaleur que ceux sur ciment. Donc, pour obtenir des résultats identiques en élevage sur caillebotis, il faut arriver à assurer aux porcs plus de fraîcheur en été et plus de chaleur en hiver, ce qui revient à régulariser l'ambiance par le jeu du trio : isolation, chauffage, ventilation.

2°. La deuxième série de tests met particulièrement en évidence le rôle primordial de la climatisation. Les moyennes annuelles sont nettement meilleures, que ce soit sur sol cimenté ou sur caillebotis :

	<u>Caillebotis</u>	<u>Sol cimenté</u>
Gain moyen quotidien	614	587
Indice de consommation	3,44	3,79

Même aux périodes les plus critiques (hiver et été), les porcs élevés sur caillebotis en porcheries isolées et ventilées mécaniquement ont des rendements légèrement supérieurs à ceux des porcs engraisés dans des bâtiments classiques sur sol cimenté. Sans avoir recours au chauffage, les résultats obtenus en hiver sont nettement favorables aux porcs élevés sur caillebotis en porcherie isolée et ventilée mécaniquement (différence de 80 g / jour ou indice de consommation de 3,27 à 4,52). Par contre pendant l'été, l'avantage du caillebotis, même en bâtiments isolés et ventilés mécaniquement, est moins grand, contrairement à ce que l'on pourrait croire a priori. Selon les étés, les résultats sont soit moins bons, soit un peu supérieurs. C'est pourquoi dans les porcheries équipées de caillebotis, il faut accorder une grande attention à tous les facteurs qui peuvent aider les porcs à combattre la chaleur. L'ensemble de ces résultats montre que les conditions d'ambiance sur caillebotis ont plus d'importance que sur sol cimenté et qu'il est nécessaire de climatiser pour obtenir des résultats au moins identiques et même meilleurs.

Les dépenses supplémentaires qu'entraîne la climatisation se trouvent largement rentabilisées, car une différence d'indice de consommation de 0,5 point entre les porcs élevés sur caillebotis en porcherie classique et ceux élevés sur caillebotis en porcherie isolée et ventilée mécaniquement représente un gain net considérable. C'est en analysant ce résultat que l'éleveur doit se rendre compte de l'importance des bonnes conditions climatiques.

Financièrement, les éleveurs s'accrochent trop au prix de revient par porc logé lors de la construction d'une porcherie. Et cela se fait souvent aux dépens des systèmes de climatisation (isolation, chauffage, ventilation) qui, en fait, ne représente que 10 % environ de l'investissement total. La réduction des investissements par la limitation des équipements de climatisation n'a qu'une incidence minime dans le coût de production du porc charcutier (environ 1 %). Mais, du point de vue rentabilité, par le biais de l'état sanitaire, de la mortalité, de la morbidité, des maladies, et surtout de l'indice de consommation et du gain moyen quotidien de poids, cette réduction de départ contribue beaucoup plus à diminuer les bénéfices par porc produit (76, 81, 96). En définitive, on peut dire que c'est le résultat que l'éleveur recherche pour le gain moyen quotidien de poids et l'indice de consommation qui influe pour la plus grande part dans le choix du climat à réaliser dans la porcherie et par conséquent, du système de ventilation à mettre en oeuvre (30).

C'est pourquoi certains éleveurs préfèrent encore le semi-plein-air avec litière accumulée souvent, ou la ventilation statique pour des bâtiments fermés, avec des performances seulement moyennes, mais avec des investissements vraiment minimes. En fait, des raisons financières et géographiques sont dans certains cas suffisantes pour leur donner raison (30). En réalité, la ventilation naturelle ne fonctionne que dans la mesure où il y a un mouvement d'air même léger autour du bâtiment, ou avec une différence de température entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. Or, ces conditions existent presque tout au long de l'année dans certaines régions tempérées. Aussi dans les régions à climat océanique, la ventilation statique peut donner des résultats satisfaisants, mais elle nécessite de la part de l'éleveur des interventions régulières, réfléchies et répétées pour régler les ouvertures. Dans les régions de l'Ouest, avec une bonne habitude de la ventilation statique, certaines exploitations arrivent à maintenir un climat intérieur pas trop défavorable (20, 30, 38). Lors de l'option pour la ventilation statique, il faut choisir de préférence une porcherie suédoise d'assez grand volume, où les couloirs latéraux forment tampon surtout en hiver. Plutôt que des lanterneaux, il vaut mieux utiliser des cheminées avec aspirateurs statiques et avec vanne de restriction de débit, qui descendent jusqu'au ras du sol. En hiver, les vannes de restriction de débit sont simplement entrouvertes de manière à limiter la vitesse de l'air. Par contre, en été, elles sont ouvertes en grand de façon

à obtenir un maximum de débit de renouvellement d'air et des vitesses d'air maximales ⁽¹⁷⁾.

Mais pour certains auteurs, étant donné le nombre de variantes (force, direction, régularité des vents, implantation des bâtiments, etc...), il est possible de se demander si l'on peut concevoir un système de ventilation statique qui puisse donner satisfaction ^(17, 20). Etant donné l'augmentation des densités d'occupation, la réduction de la main-d'oeuvre, la présence des déjections dans le local et la recherche de performances optimales, de nombreux éleveurs ont été conduits à choisir la solution du climat contrôlé, à l'aide du chauffage et de la ventilation dynamique. C'est aussi pour se libérer des contraintes pour les réglages répétés en ventilation statique, que les éleveurs souhaitent équiper leur porcherie en ventilation dynamique. D'après JONQUOY, des expériences effectuées un peu partout en Europe indiquent clairement la nécessité de contrôler l'ambiance des porcheries ^(20, 30, 38). On peut constater que, plus l'éleveur désire un gain de poids journalier élevé, plus il est nécessaire d'augmenter la qualité de la climatisation, c'est-à-dire de réaliser une isolation parfaite ⁽⁷⁹⁾ et de respecter des marges de plus en plus restreintes pour la température, l'humidité et la vitesse de l'air ambiant. Ainsi, un gain de poids journalier de 750 grammes nécessite une bonne ventilation, mais un gain moyen quotidien de un kilogramme nécessite d'ajouter une installation de chauffage ; par contre, avec une ventilation quelconque et plus ou moins défailante, le gain moyen quotidien varie de 500 à 650 grammes. La plupart des nouveaux bâtiments où sont élevés et engraisés les porcs sont maintenant "climatisés" ou plus exactement chauffés et ventilés, surtout dans les régions à climat continental. On observe même une certaine tendance à fermer les bâtiments d'engraissement dans les régions à climat océanique. La ventilation dynamique permet un contrôle plus régulier de l'ambiance avec une intervention minimum de l'éleveur. Il peut ainsi à sa guise agir sur les trois principaux facteurs qui font l'ambiance : température, hygrométrie et vitesse d'air intérieur, afin de les adapter avec précision et avec régularité à l'âge et au poids des porcs qui varient au cours du temps ^(20, 30, 38, 85). Cependant, cette ventilation mécanique ne dispense pas l'éleveur de quelques réglages simples, ni de la vérification et de l'entretien du matériel. Cet entretien consiste en un nettoyage et un dépoussiérage des moteurs des ventilateurs, des hélices, des volets anti-retour et des gaines ou des plaques perforées d'admission ou d'extraction de l'air. Il comprend aussi l'examen des roulements à billes des moteurs et le nettoyage des éléments sensibles des sondes et des thermostats. Cet entretien est d'une grande importance en élevage car, d'une part le matériel est coûteux et doit assurer un service permanent sans aucune défaillance, et d'autre part, le débit d'un ventilateur peut facilement être réduit de 15 à 25 % par un encrassement excessif ⁽³¹⁾.

Par ailleurs, avec ces matériels hautement élaborés, les risques de fausse manoeuvre, de négligence ou défaillance peuvent avoir des conséquences très graves. Tout ce qui est automatique est une facilité dangereuse. Il faut aussi noter que, parfois, les matériels les plus sophistiqués et coûteux sont mal adaptés aux conditions d'emploi pour les porcheries. De plus, par suite de la dispersion des utilisateurs, il est souvent difficile pour le constructeur d'assurer un service après-vente rapide et efficace (20).

VI - LES PRINCIPALES CONSEQUENCES NEFASTES D'UNE MAUVAISE VENTILATION.

1° - Une hygrométrie excessive.

L'alimentation en soupe, l'évaporation des eaux de lavage, de l'eau des abreuvoirs, la concentration intense en animaux dans les bâtiments et la présence des déjections dans le local font que la moindre défaillance en matière de ventilation entraîne rapidement un excès d'hygrométrie dans le local. Cette hygrométrie excessive est à la fois nocive pour les porcs et pour les bâtiments.

En hiver, une atmosphère trop chargée d'eau provoque des condensations sur toutes les surfaces froides et en particulier sur les charpentes métalliques. Il s'en suit une oxydation du métal et la dégradation des matériaux. Elle provoque aussi une pénétration de l'eau dans les parois avec pour conséquence la diminution de leur pouvoir isolant et leur détérioration. La ventilation dynamique par surpression a plus tendance que les autres systèmes de ventilation à aggraver ce phénomène. De plus, ces condensations de vapeur d'eau entraînent des écoulements d'eau sur les animaux et le gisoir devient humide (30).

Cette humidité élevée dans ces milieux confinés est génératrice d'aérosols riches en microbes où prédominent des germes pathogènes secondaires. Les condensations d'eau sur les parois ont aussi pour conséquence une véritable prolifération microbienne. De plus, la stabilité des microbes est d'autant plus durable que l'humidité relative est élevée. La concentration en bactéries "aériennes" est maximale pour une hygrométrie comprise entre 70 et 85 % (tableau XX). Au-delà de 85 %, cette concentration bactérienne diminue rapidement. Mais, l'humidité relative des porcheries mal ventilées oscillant souvent entre 70 et 85 %, on comprend que les chances de contamination par voie respiratoire sont prédominantes et que la fréquence élevée des affections respiratoires dans les élevages industriels est tout à fait justifiée. L'aération correcte, et surtout dynamique, constitue donc le meilleur moyen de limitation du microbisme ambiant dans les porcheries fermées. Il faut cependant éviter de créer des zones de courants d'air que les animaux cherchent à éviter en se réfugiant dans les zones de calme où il y a

alors surpeuplement et accroissement localisé de l'humidité. Ce problème de l'hygrométrie est de première importance dans les porcheries de laiteries où règnent une humidité élevée et constante si la ventilation et le chauffage ne sont pas adaptés (38, 77, 96).

HUMIDITE RELATIVE %	VENTILATION DYNAMIQUE NORMALE	VENTILATION DYNAMIQUE FAIBLE	VENTILATION STATIQUE
< 60	259	254	1048
61 - 70	259	343	1112
71 - 80	317	232	1223
81 - 90	262	167	1225
91 - 100	136	146	835

Tableau XX (77). Influence de l'humidité relative et du taux de ventilation sur la teneur en germes aériens dans les porcheries (HOFFMANN, 1965).

2° - La malpropreté des cases et des porcs.

La ventilation joue un rôle important dans le maintien de la propreté de la porcherie par l'intermédiaire du lieu des déjections. Une ventilation excessive, une remontée d'humidité, des courants d'air au niveau du sol sous une ouverture ou passant par une trappe à lisier mal fermée crée l'inconfort général ou local dans un bâtiment et entraîne un comportement anormal des porcs qui se traduit par la saleté des cases et une baisse des performances. Le porc recherche pour se coucher un endroit chaud (sauf l'été), sec, sombre, le long d'une paroi pleine, à l'abri de tous mouvements d'air. Par contre, pour faire ses déjections, il recherche un endroit plus ventilé, plus frais, plus humide et en limite des cases voisines. Pour que les animaux se tiennent propres, il faut qu'il y ait des différences marquées entre le gisoir et l'aire à déjections (matériau, niveau, éclairage et principalement une différence de ventilation) ; d'où l'intérêt du caillebotis partiel avec légère extraction à ce niveau. Par temps chaud, les animaux ont tendance à se coucher sur le caillebotis plus frais, plus confortable, et à faire leurs déjections sur le gisoir. Mais il n'en reste pas moins vrai que, dans une porcherie bien conçue et parfaitement ventilée, ce phénomène ne se produit pas ou seulement quelques jours par an. Dans certaines porcheries, il y a des cases parfaitement propres et une ou deux cases très sales. Ceci est dû à une indisposition passagère des animaux ou à un phénomène local, le plus souvent un problème de ventilation (20).

3° - Une température trop élevée.

Chez le porc, les pertes d'énergie calorifique s'effectuent par conduction, convection, rayonnement et évaporation avec très peu de sudation mais une ventilation pulmonaire intense. Quand la température ambiante augmente, pratiquement la seule possibilité d'accroître les pertes d'énergie calorifique est d'augmenter les pertes par évaporation de vapeur d'eau dans les poumons, grâce à une accélération des mouvements respiratoires. Or, lorsque la ventilation et ses dispositifs complémentaires ne maintiennent pas la température ambiante au-dessous de 25° C, la simple accélération des mouvements respiratoires devient insuffisante ; pour maintenir sa température corporelle, le porc fait du "battement de flancs", à cadence accélérée, augmente les battements de son coeur et la température de sa peau qui devient rouge. Mais, étant donné la fragilité de l'appareil respiratoire du porc soumis à un travail intensif par suite du volume réduit de sa cage thoracique par rapport au poids de son corps, ces "battements de flancs" d'origine mécanique favorisent le développement d'agents infectieux et l'apparition de pneumopathies infectieuses. De plus, cette chaleur excessive entraîne aussi une augmentation des maladies de coeur et des morts cardiaques, ainsi qu'une diminution de la consommation et du gain moyen quotidien de poids ⁽⁶⁷⁾.

4° - Des teneurs trop élevées en gaz toxiques.

La dominante physiologique du porc étant l'insuffisance de son appareil respiratoire en fonction du développement de ses masses musculaires, toute présence anormale des gaz nocifs (asphyxiants : CO_2 , CH_4 ; irritants : NH_3 et SO_2 ; toxiques : SH_2 et CO) est rapidement ressentie et constitue un facteur essentiel de déclenchement et d'aggravation des maladies de l'appareil respiratoire du porc ⁽¹⁷⁾.

L'augmentation de la concentration de ces gaz, par suite d'une ventilation générale insuffisante ou surtout par l'absence d'extraction basse, provoque certaines gênes, une irritation des muqueuses, de la toux et même des intoxications qui peuvent se terminer par la mort ⁽⁹⁵⁾. L'agitation du lisier dans une porcherie fermée et mal ventilée peut entraîner la mort des porcs par dégagement de sulfure d'hydrogène.

STOMBAUGH, TEAGUE et ROLLER ont mis en évidence une diminution significative du gain moyen quotidien et de la consommation des aliments, ainsi que la présence de *Pasteurella* et de *Corynebactérium* dans la lame criblée de l'ethmoïde, dans des atmosphères contenant plus de 150 ppm d'ammoniac ⁽⁷⁷⁾. Lorsque sa concentration dépasse 100 ppm, l'ammoniac provoque des éternuements, de la toux, de la

salivation et de l'inappétence. Il irrite les parties les plus profondes du tractus respiratoire, favorisant ainsi les infections de l'appareil respiratoire. Les cas de pneumonies les plus sévères se rencontrent souvent dans les porcheries à forte teneur en ammoniac. Des porcs élevés dans une ambiance contenant 145 ppm d'ammoniac ont une croissance quotidienne de 100 grammes inférieure à celle de porcs élevés dans une ambiance contenant 12 ppm d'ammoniac, ce qui, sur la durée totale de l'engraissement, représente une différence de 14 à 15 kg de poids vif par porc. Ces chiffres peuvent paraître élevés, mais ils montrent tout simplement la gravité des conséquences d'un système de ventilation défaillant (17, 77).

Une concentration de bioxyde de carbone (CO_2) supérieure à 40 000 ppm (ml par m^3) entraîne une augmentation marquée du rythme respiratoire. Le tableau XXI montre l'influence du taux de ventilation et des teneurs en gaz (CO_2 et NH_3) sur les performances des porcs à différentes époques de l'année. Il pose aussi le problème de la nécessité de la ventilation dynamique dans les porcheries d'engraissement (77).

Tableau XXI (77). (HOFFMANN, 1965).

Périodes	Porcheries : Types de ventilation	% CO_2	% NH_3	G.M.Q. (g)	I.C. (kg)
Août à Janvier	A : Ventilation dynamique normale	0,13	0,019	566	5,18
	B : Ventilation dynamique faible	0,16	0,022	517	5,14
	C : Ventilation statique	0,19	0,028	381	6,46
Avril à Juillet	A : Ventilation dynamique normale	0,11	0,019	710	4,32
	B : Ventilation dynamique faible	0,12	0,021	623	4,69
	C : Ventilation statique	0,15	0,031	464	5,57

L'hydrogène sulfuré (SH_2) irrite les voies respiratoires supérieures et provoque, lorsque la concentration est comprise entre 20 et 50 ppm, de la nervosité, de la photophobie et de l'anorexie. De 50 à 200 ppm, il entraîne des nausées, des vomissements et des diarrhées. La dose létale est de 800 ppm (oedèmes du poumon). L'exposition répétée des porcs même à des doses moyennes les prédispose aux maladies respiratoires, d'où il peut résulter une rentabilité très faible des porcs engraisés (17).

En plus des gaz nocifs répertoriés précédemment, le microclimat de fermentation du lisier est composé d'un cocktail d'amines, d'amides, d'acides gras organiques, d'esters d'acides organiques, de carbonyles, de sulfures et de mercaptans. Il est bien évident, qu'il n'est pas du tout naturel qu'un porc respire un tel mélange et, que son absorption par inspiration ne peut que provoquer des désagréments. Le porc réclame au contraire que cette pollution gazeuse soit tenue à distance et surtout que l'air neuf, riche en oxygène, lui soit fourni en perma-

s'en suit un véritable empoisonnement du porc par ses voies respiratoires.

5° - Un accroissement des odeurs.

Un système de ventilation défaillant a tendance à faire augmenter la quantité de poussières et de germes qui s'associent pour former des complexes sur lesquels s'adsorbent les gaz et les composés chimiques odorants. Ainsi, il en résulte un accroissement de l'odeur caractéristique de porc, mais aussi une augmentation des nuisances olfactives dans leur ensemble, du fait de la faible dilution des odeurs dans l'air et de leur mauvaise dispersion dans l'atmosphère si la ventilation est insuffisante (17,86).

6° - L'agressivité et le cannibalisme (17, 45, 77).

Un simple état de subasphyxie permanente prédispose les porcs à l'énervement. La caudophagie apparaît comme l'un des symptômes d'une ventilation insuffisante et de teneurs élevées en hydrogène sulfuré (VAN PUTTEN). L'agressivité et le cannibalisme sont étroitement liés à des conditions d'ambiance défavorables résultant d'une déficience de la ventilation (température trop élevée, variations importantes et brusques de température, hygrométrie trop basse ou trop élevée, présence de gaz nocifs et vitesses d'air excessives).

7° - Les conséquences pathologiques (51, 99, 105, 106, 110, 111, 112, 113).

La colibacillose et l'entérite hémorragique, de même que toutes les maladies digestives, peuvent être rangées dans les maladies dûes à un mauvais environnement ; car des porcs en bonne santé et dans des conditions d'ambiance correctes peuvent très bien héberger *Escherichia coli*, *Vibrio coli*, les Spirochètes ou *Balantidium* et *Trichomonas* sans être malades. Mais il suffit de défaillances de la ventilation entraînant des courants d'air ou des coups de froid pour déclencher la maladie ou pour accentuer cette maladie si celle-ci a été déclenchée par une autre cause (alimentaire par exemple).

Les maladies respiratoires du porc constituent la plus grande part des conséquences d'une mauvaise ventilation. De très nombreux facteurs résultant d'une ventilation insuffisante ou inadaptée contribuent soit à déclencher, soit à aggraver les maladies respiratoires :

- des circuits d'air inversés ou secondaires qui forment courants d'air,
- des vitesses d'air excessives,
- des accumulations de gaz toxiques,
- des températures ambiantes trop élevées,

- une humidité atmosphérique trop basse qui dessèche les muqueuses et fait apparaître des troubles respiratoires,
- un manque d'aération et d'oxygénation à cause d'un cubage d'air trop faible ou d'un renouvellement d'air insuffisant,
- une hygrométrie excessive entraînant un microbisme ambiant intense.

Ces différents facteurs constituent les principales causes déclenchantes et aggravantes des maladies respiratoires mais il en existe encore bien d'autres, eux aussi consécutifs à une mauvaise ventilation.

Ces maladies respiratoires dépendent donc en majeure partie du milieu ambiant qui ne peut être correct qu'à l'aide d'une ventilation adéquate et appropriée. La flore microbienne de l'appareil respiratoire est en équilibre à l'état physiologique normal. Lorsque les porcs subissent un stress consécutif à des conditions d'environnement défavorables, les bactéries deviennent des profiteurs d'occasion. Dans d'autres cas, ces mauvaises conditions d'ambiance provoquent des surinfections microbiennes par l'apparition de pneumonies infectieuses secondaires à une infection primaire spécifique. Ainsi, les affections respiratoires dépendent beaucoup plus des conditions d'ambiance que du niveau d'infection et du pouvoir pathogène propre des germes en cause. Par ailleurs, la gravité de la rhinite atrophique, comme de la pneumonie enzootique plus particulièrement, peut être largement atténuée en augmentant simplement le débit de la ventilation. L'incidence des maladies respiratoires, leur fréquence et leur degré de sévérité dépendent essentiellement des conditions du milieu.

8° - Les conséquences économiques.

Toutes les conséquences néfastes que l'on vient d'étudier aboutissent toutes au même résultat : une baisse importante des performances qui a pour conséquence directe et inévitable une nette diminution des bénéfices. Les maladies respiratoires entraînent une majoration de l'indice de consommation de 10 à 30 % ⁽⁵¹⁾. La pneumonie enzootique entraîne des différences de croissance allant de 90 g à 150 g par jour. Les pertes économiques consécutives aux maladies, respiratoires principalement, correspondent non seulement à une augmentation de l'indice de consommation, mais aussi à la mortalité, au tri, au ralentissement de croissance avec plus de jours d'occupation des locaux et de main-d'oeuvre, aux frais sanitaires et aux saisies.

Ainsi, quelle que soit la manière dont se traduisent les défaillances d'une mauvaise ventilation, la conséquence constante et essentielle est représen-

tée par un retard considérable de la croissance. La rentabilité d'une porcherie passe donc par la réalisation de conditions d'ambiance idéales qui ne peuvent être obtenues que par l'installation d'un système de ventilation correct et efficace.

* CONCLUSIONS *

Lors de l'installation d'une porcherie, il faut tenir compte, dans le choix du système de ventilation, de l'emplacement et du système d'évacuation des déjections, du mode d'alimentation, de l'isolation, du chauffage, du climat de la région, du lieu d'implantation du bâtiment, du régime des vents dominants, des bâtiments et habitations voisines et de la main-d'oeuvre disponible.

Le niveau de performances auquel l'éleveur désire parvenir, ainsi que le degré de qualification qu'il possède, doivent aussi être pris en considération pour la détermination des conditions d'ambiance à instaurer.

Dans les régions de l'Ouest, à climat océanique, très régulièrement ventées, il est tout à fait possible, et même souhaitable pour des raisons économiques, d'utiliser la ventilation naturelle, au moins en partie, dans les porcheries fermées.

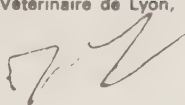
Par contre, dans les régions très continentales et encaissées, il est difficile de concevoir une porcherie ventilée naturellement qui puisse fonctionner correctement tout au long de l'année. Il est alors possible, pour réduire les investissements et le coût de fonctionnement, de prévoir une ventilation dynamique fonctionnant seulement en appoint et avec des régulations simples.

Cependant, quelle que soit la technique de ventilation choisie, il est bien entendu que cette technique ne peut être véritablement efficace qu'à condition que tous les détails d'installation et de fonctionnement soient très sérieusement étudiés et que les normes d'aération précédemment décrites soient respectées dans leur intégralité.

Par ailleurs, les progrès réalisés en matière d'élevage porcin et les solutions apportées aux problèmes alimentaires, sanitaires, génétiques et technico-économiques font, qu'il n'est plus possible de négliger les déficiences bioclimatiques des porcheries qui constituent actuellement le facteur limitant de l'élevage porcin. Etant donné la faible rusticité des porcs hautement sélectionnés et la concentration d'effectifs élevés sur de faibles surfaces, il est nécessaire, pour obtenir des performances de haut niveau, de maîtriser complètement l'ambiance des porcheries. La seule possibilité de parvenir à réaliser cette ambiance favorable aux porcs des points de vue sanitaire, bioclimatique, sociologique et physiologique, est de recourir à la ventilation dynamique avec régulation continue et automatique.

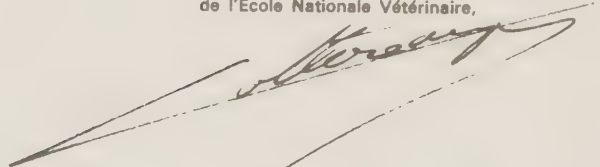
Enfin, l'éleveur doit considérer la climatisation de la porcherie, non seulement comme un moyen d'éliminer les conséquences néfastes de climats défavorables et de se libérer des interventions répétées et contraignantes des réglages de la ventilation statique, mais comme un véritable outil de travail qui lui permet d'améliorer sa production, et, par conséquent, la rentabilité de son élevage.

Vu :
LE DIRECTEUR
de l'École Nationale Vétérinaire de Lyon,



Vu :
LE DOYEN,

LE PROFESSEUR RESPONSABLE
de l'École Nationale Vétérinaire,

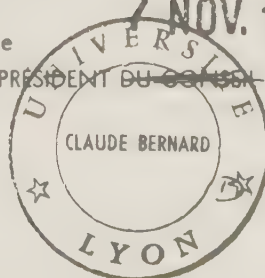


LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,



Vu et permis d'imprimer

LYON, le
LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ



LYON I

GERMAIN

B I B L I O G R A P H I E

- 1.. Les porcheries - Le point des techniques actuelles -
Le calcul des débits nécessaires -
L'élevage - N° spécial Logement - 1972.
2. La ventilation des bâtiments d'élevage -
Les bâtiments d'élevage au S.I.M.A. - P. LUCCHINI -
L'élevage - N° spécial Logement - 1972.
3. Concevoir une installation de ventilation - Chauffage efficace - P. LATIMIER -
Elevage - Rentabilité - N° 2/1975.
4. Pour mieux réaliser la ventilation des porcheries - Y. MENGUY -
Elevage - Rentabilité - N° 1/1977.
5. Le logement du porc - A. FOURNARAKI -
Service bâtiments I.T.P. - Série III - 1970.
6. Le logement du porc - A. FOURNARAKI et P. ZERT.
Institut Technique du Porc.
- 7.. La ventilation des porcheries est mal dominée - Y.. MENGUY -
Elevage - Rentabilité - N° 12/1976.
8. La ventilation des porcheries à caillebotis intégral - Quelques détails importants à noter et quelques erreurs à éviter - J.-P. LOSSEC -
A la pointe de l'élevage - N° 51/Novembre 1973.
9. La porcherie Danoise à ventilation dynamique - J. CALLAREC, M. DORVAL,
P. OMNES et F. LE BERRE -
A la pointe de l'élevage - N° 74/Février 1976.

10. Eléments relatifs à la conception du porc à l'engrais - Dr R. DARRE -
Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - Chaire de zootechnie
et économie rurale - Professeur G. QUEINNEC -
11. Habitat et santé - M. BROCHART -
L'élevage - N° hors série F. 29 : De nouvelles conceptions des
bâtiments d'élevage.
12. Les facteurs de l'ambiance et leur détermination - G. BLENTZ -
L'élevage - N° hors série F. 29 : De nouvelles conceptions des
bâtiments d'élevage -
13. La ventilation naturelle . C'est bien une technique - J.-C. SOUTY -
L'élevage - N° hors série F. 29 : De nouvelles conceptions des
bâtiments d'élevage.
14. Ventilation mécanique et chauffage électrique des locaux d'élevage- A. CORDA -
L'élevage - N° hors série F. 29 : De nouvelles conceptions des
bâtiments d'élevage -
15. Des maternités bien aménagées réduisent la mortalité des porcelets -
A. AUMAITRE -
L'élevage - N° hors série F. 29 : De nouvelles conceptions des
bâtiments d'élevage.
16. Le local post-sevrage et son intégration dans l'élevage - P. ROUSSEAU -
L'élevage - N° hors série F. 29 : De nouvelles conceptions des
bâtiments d'élevage.
17. Les porcheries d'engraissement sur lisier et les façons de s'en servir -
B. de LA FARGE -
L'élevage - N° hors série F. 29 : De nouvelles conceptions des
bâtiments d'élevage.
18. Recherche des conditions optimum de milieu pour l'élevage du porcelet avant
sevrage - J. LEDIVICH -
Bulletin Institut Technique du Porc - N° 4/1976.
19. Développement de quelques fonctions physiologiques après naissance du porce-
let - A. AUMAITRE -
Le porc - N° 6/Juin 1971.

20. A propos de bâtiments d'élevage, entretien avec A. GOTKOVSKY -
L'éleveur de porcs. N° 52/Novembre 1974.
21. Ventilation : la modification des bâtiments existants peut-elle être payante ?
L'éleveur de porcs - N° 52/Novembre 1974.
22. La porcherie Danoise à ventilation dynamique - J. CALLAREC, M. DORVAL,
P. OMNES et F. LE BERRE -
A la pointe de l'élevage - N° 75/ Mars 1976 -
23. Le porcelet en post-sevrage a besoin d'une bonne ambiance - P. LATIMIER -
Elevage - Rentabilité - N° 4/1974.
24. Comment régler la ventilation en porcherie ? J.P. LOSSEC -
A la pointe de l'élevage - Mars 1973.
25. Notice de documentation :
P. A. L. - Etablissements Lecieux et Cie - 59 - ANNOEULLIN -
26. La ventilation automatique des locaux d'élevage dans le domaine agricole -
Le Porc - N° 11/Décembre 1970.
27. Le caillebotis intégral -
L'éleveur de porcs - N° 32/ Janvier 1973.
28. Les porcheries au Danemark - HANS R. JUNGE -
La revue de l'élevage : bétail et basse-cour - N° spécial :
Les Porcs XVIIè.
29. La ventilation naturelle des bâtiments d'élevage - L. O. -
L'élevage - N° 25/Janvier 1974.
30. La climatisation d'une porcherie d'engraissement - B. JONQUOY -
L'élevage - N° 15/Février 1973.
31. Réflexions 71 sur la ventilation dynamique des porcheries. R. DELIGNIERES -
L'éleveur de porcs - N° 16/Juin 1971 -
32. Le conditionnement tout électrique des locaux d'élevage - Un colloque organisé
par l'E.D.F. -
L'éleveur de porcs - N° 33/Février 1973.

33. La ventilation thermo-statique -

L'éleveur de porcs - N° 52/Novembre 1974 -

34. La ventilation automatique des locaux d'élevage dans le domaine agricole -
J. FESSARD -

Le Porc - N° 10/Novembre 1970.

35. Allaitement et sevrage précoce du porcelet : importance du comportement,
de la nutrition, de l'environnement - A. AUMAITRE -

Le Porc - N° 8/Août 1976.

36. Comment les techniques d'élevage influent sur les performances de repro-
duction - J. GUILBAUX -

L'éleveur de porcs - N° 35/Avril 1973.

37. L'étude clinique de la porcherie - P. ZERT -

La revue de l'élevage : bétail et basse-cour - 41ème N° Spécial :
Les Porcs -

38. Conceptions actuelles en matière de bâtiments destinés à la production de
truies hybrides - E. ENGRAND -

L'éleveur de porcs - N° 23/Mars 1972.

39. Influence des conditions d'habitat du verrat sur la fécondence du sperme -
J.P. SIGNORET., F. du MESNIL du BUISSON -

Journées de la recherche porcine en France 1969 - Institut Technique
du Porc - Ministère de l'Agriculture -

40. Le sevrage précoce des porcelets - Dr W. HENDRICKX -

L'éleveur de porcs - N° 24/Avril 1972.

41. Action de la température et de la lumière sur la spermatogénèse, la production
et le pouvoir fécondant du sperme chez le verrat - G. MAZZARRI, F. du MESNIL
du BUISSON, R. ORTAVANT -

Journées de la recherche porcine en France 1969 - Institut Technique
du Porc - Ministère de l'Agriculture -

42. Le logement des cochettes - C. TEXIER.

Bulletin Institut Technique du Porc - N° 4/1976.

43. Le logement des truies gestantes - P. ROUSSEAU -

Bulletin Institut Technique du Porc - N° 4/1976.

44. Les facteurs de la mortalité des porcelets sous la mère - Dr J. FOREST -
Le porc - N° 7/Juillet 1976.
45. L'agressivité et le cannibalisme - Un inventaire des causes et des remèdes -
J. DENANT -
L'élevage porcin - N° 60/Mars 1977.
46. L'influence de la pathologie respiratoire sur les performances économiques
des porcheries de maternité - J.J. TAILLANDIER -
Le Porc - N° 5/Mai 1971.
47. La colibacillose -
L'éleveur de porcs - N° 64/Décembre 1975 -
48. Influence de l'environnement sur l'élevage et le logement des porcs -
Tendances actuelles - C. DUMONTEIL et Y. OGER -
L'éleveur de porcs - N° 3/Avril 1970.
49. Solutions aux problèmes sanitaires dans les élevages porcins - J. LEMAY -
Le point vétérinaire - Vol. 1, n° 5, Juillet-Août 1974.
50. L'influence du froid sur l'élevage et l'engraissement du porc - Dr DASQUE -
Le Porc - N° 9/Septembre-Octobre 1972.
51. Pathologie du porc à l'engraissement et indice de conversion - L. RENAULT,
P. GUILLIN et G. RICHE.
L'éleveur de porcs - N° 38 /Juillet 1973.
52. Sevrage précoce des porcelets en batteries : les chercheurs allemands s'inter-
rogent -
Le Porc - N° 1/Janvier 1971 -
53. La porcherie moderne - P. MARIN -
Le porc - Janvier 1970.
54. Recherche des conditions optimum de milieu pour l'élevage du porcelet après
sevrage précoce - A. AUMAITRE -
Bulletin Institut Technique du Porc - N° 4/1976.
55. Le bâtiment de sevrage précoce des porcelets : réalisation, contrôle et régu-
lation de l'ambiance - A. AUMAITRE - J. LE PAN - L. BINA -
L'éleveur de porcs - N° 69/Mai 1976.

56. L'installation d'un ventilateur dynamique dans le bâtiment post-sevrage -
J. CALLAREC -

A la pointe de l'élevage - N° 72/Décembre 1975.

57. Le sevrage - Chapitre II - Les bâtiments -

Bulletin Institut Technique du Porc - N° 4/1975.

58. Le sevrage -

L'éleveur de porcs - N° 63/Novembre 1975.

59. La diarrhée du porcelet - Quelques origines, thérapie et prophylaxie -
Dr G. FIEGENBAUM (Hambourg) -

Le Porc - N° 7/1972.

60. Le post-sevrage à ventilation dynamique : entrée d'air et sortie d'air dans le
bâtiment. J. CALLAREC -

A la pointe de l'élevage - N° 78/Juin-Juillet 1976.

61. Les batteries dans l'Ouest : la première installation du département du
Morbihan -

L'éleveur de porcs - N° 11/Janvier 1971.

62. Le conditionnement d'une batterie de porcelets - J.F. CABANIS -

L'éleveur de porcs - N° 26/Juin 1972.

63. L'aménagement des porcheries : quelques types d'installations rencontrées
sur le terrain -

L'éleveur de porcs - N° 23/Mars 1972.

64. Le bâtiment de sevrage des porcelets : influence de l'élevage au sol et en
batterie, de la température de l'air ambiant et de l'alimentation sur les
performances - J. LE DIVICH, A. AUMAITRE, L. BINA, J. RETTAGLIATI -

Journées de la recherche porcine en France 1976 - Institut Technique
du Porc - Ministère de l'Agriculture.

65. Que penser du sevrage précoce des porcelets en batterie -

L'éleveur de porcs - N° 26/Juin 1972.

66. Flat-deck : de bons résultats -

L'éleveur de porcs - N° 45/Mars 1974.

67. En été, la température dans les porcheries ne doit pas dépasser 23° - Y. OGER -
L'éleveur de porcs - N° 37/Juin 1973.
68. Types de locaux pour les porcelets sevrés entre 3 et 5 semaines - P. LATIMIER -
Elevage - Rentabilité - Mars 1973.
69. Un sevrage précoce impose un local post-sevrage adapté - P. ROUSSEAU -
L'éleveur de porcs - N° 45/Mars 1974.
70. Avantages et inconvénients de l'application du sevrage à 13 jours -
L'éleveur de porcs - N° 69/Mai 1976.
71. Le logement du porc : tendances 1974 - E. ENGRAND -
L'éleveur de porcs - N° 45/Mars 1974.
72. Moins de pertes en maternité grâce à une surveillance des mises-bas et à
une bonne ambiance - M. LE BORGNE -
Elevage - Rentabilité - N° 2/Février 1975.
73. Les techniques d'élevage du porcelet d'un jour dans des conditions protégées -
Bulletin de l'Institut Technique du Porc - N° 6/Novembre-Décembre 73
Châpitre III (N° Spécial : le Porc sain).
74. L'élevage des porcelets en batteries - Premières observations - A. LESIEUR -
Maison de l'élevage du Morbihan - Mai 1972 -
75. Principales bases de la production du porcelet : amélioration de la produc-
tivité des truies - A. AUMAITRE -
Bulletin des Groupements Techniques Vétérinaires - Mai 1974.
76. Les investissements en bâtiments - Etudes et réflexions - P. MAINSAINT -
Le Porc - Février 1970.
77. Le porc à l'engrais et son habitat - B. de LA FARGE -
Bulletin de l'Institut Technique du Porc - N° 4/1976.
78. Un élevage d'engraissement : très forte densité d'animaux -
L'éleveur de porcs - N° 45/Mars 1974.
79. Une bonne isolation - P. LAFON, G. ALIX -
L'élevage - N° 35/Décembre 1974.

80. Les exigences climatiques des porcs à l'engrais - B. de LA FARGE -
L'élevage - N° 40/Mai 1975.
81. Combien coûtent nos mauvaises performances - A. CAUGANT -
Bulletin de l'Institut Technique du Porc - N° 4/1973.
82. Réaction des porcs soumis à l'ammoniac et aux poussières ambiantes des porcherie-
ries - J. Am. Vét. Med. Assoc. Déc. I. 1971. - Vol. 159 N° 11 - PAUL A. DOIG,
R.A. WILLOUGHBY, du Collège Vétérinaire d'Ontario (Canada) -
Bulletin de l'Institut Technique du Porc - N° 3/Mai-Juin 1973.
83. Des maladies difficiles à vaincre : les mycoplasmoses - C. PAPAGEORGIOU -
L'élevage - N° 43/Août-Sept. 1975.
84. Bien des problèmes sanitaires pourraient être évités par l'application de
techniques d'élevage adaptées - Dr TILLON -
L'éleveur de porcs - N° 75/Décembre 1976.
85. L'ambiance des bâtiments d'élevage - Un index de confort ? B. de LA FARGE -
Bulletin de l'Institut Technique du Porc - N° 5/1972.
86. L'ambiance des bâtiments d'élevage - Un index de confort ? II - Influence
de la vitesse d'air ambiante - B. de LA FARGE -
Bulletin de l'Institut Technique du Porc - N° 2/1973.
87. Le choix de la meilleure ambiance d'une porcherie - Une méthode de diagnostic
et de correction de l'ambiance - B. de LA FARGE -
Bulletin de l'Institut Technique du Porc - N° 1/1975.
88. Le choix de la meilleure ambiance d'une porcherie : mise au point d'un index
bioclimatique - B. de LA FARGE -
Bulletin de l'Institut Technique du Porc - N° 6/1974.
89. Un abaque pour la correction de l'ambiance en porcherie - B. de LA FARGE,
C. TEXIER -
Bulletin de l'Institut Technique du Porc - N° 5/1976.
90. Influence de l'environnement sur l'indice de transformation du porc à l'en-
grais - J.-J. TAILLANDIER -
Le Porc - N° 6/Juin 1973.

91. Engraissement des porcs sur caillebotis ou sur sol cimenté ?
L'éleveur de porcs - N° 7/Septembre 1970.
92. Comment prévenir les accidents dus à la chaleur ? LEFEVRE et GARRAU -
L'éleveur de porcs - N° 72/Août-Septembre 1976.
93. Peut-on abaisser le coût de production du porc charcutier ? Et comment ?
J.-P. OLIVE -
Le Porc - Juin 1970.
94. Etude comparée des microclimats et des performances zootechniques dans 5 porcheries d'engraissement - B. de LA FARGE, C. TEXIER, R. GRANIER -
Journées de la recherche porcine en France 1976 - Institut Technique du Porc - Ministère de l'Agriculture.
95. La ventilation n'est pas un luxe -
L'élevage - N° 8/Juin 1972.
96. L'influence d'une ambiance caractérisée par une température et une humidité élevées sur les performances du porc dans les conditions normales de l'exploitation - M.M. TONKS, W.C. SMITH et JUDITH M. BRUCE - (Université de Newcastle) -
The Veterinary Record - Mai 1972, 90 - 531 - 537.
Résumé de J.-P. LOSSEC - Bulletin Institut Technique du Porc N° 5/1972.
97. Estimation des teneurs en gaz dans une porcherie - B. de LA FARGE -
Bulletin de l'Institut Technique du Porc - N° 3/1973.
98. Nuisances et environnement : les odeurs de porcheries - B. de LA FARGE -
Le Porc - N° 4/Avril 1973.
99. Etude économique de la pneumonie enzootique - GOODWIN R.F.W. - Réf. The Veterinary Record, July 17 th, 1971 -
Bulletin de l'Institut Technique du Porc - N° 6/1972.
100. Moins d'odeurs avec des bâtiments mieux placés. A. STUBER, K. LEIMBACHER -
L'élevage - N° 46/Décembre 1975.
101. Les odeurs de porcheries -
L'éleveur de porcs - N° 36/Mai 1973.
102. Les générateurs d'ozone "Litha" pour l'assainissement des porcheries -
Le Porc - N° 2/Février 1971.

103. Prévention et lutte contre les pollutions et nuisances des porcheries -
L'éleveur de porcs - N° 73/Octobre 1976.
104. Comparaison de cinq dispositifs de traitement des odeurs de porcheries -
B. de LA FARGE, R. GRANIER -
Bulletin de l'Institut Technique du Porc - N° 4/1975.
105. La rhinite atrophique - Dr DASQUE -
Le porc - N° 4/Avril 1977.
106. La rhinite atrophique du porc -
Bulletin de l'Institut Technique du Porc - Série IV - 1972.
107. La rhinite atrophique du porc - Dr TAILLANDIER.
L'éleveur de porcs - N° 21/Janvier 1972.
108. Le point sur les affections respiratoires - Dr J. FOREST -
Le Porc - N° 3/Mars 1975.
109. La protection sanitaire - Dr J. FOREST -
Le porc - N° 5/Mai 1975.
110. De quelques problèmes sanitaires en porcheries - Professeur M. FONTAINE -
La revue de l'élevage : bétail et basse-cour - N° Spécial 41ème -
Les Porcs -
111. Evolution de la pneumonie expérimentale chez les porcs S.P.F. - Schweiz -
Arch. Tierheilk. 114 (2), 107-118 (509/P) - BERTSCHINGER H.U., KELLER H.,
LOHRER A., WEGMANN W. - Institut Vétérinaire-Université-Zurick -
Bulletin de l'Institut Technique du Porc N° 6/1972.
112. La toux en porcherie - Dr G. DASQUE -
Le Porc - N° 1/ Janvier 1971.
113. Les agressions, leurs effets, leur prévention chez le porc - Dr G. DASQUE -
Le Porc - N° 2/Février 1970.
114. Que d'agressions tourmentent le porc ! - J.. TOURNUT -
L'élevage - N° hors série F. 22 : Animaux sains = Animaux pro-
ductifs.

115. Le logement des truies et des porcelets conditionne la santé et les performances - A. MATON et J. DAELEMANS -
L'élevage - N° hors série F. 22 : Animaux sains = Animaux productifs.
116. Sevrer vos porcelets plus tôt soit ... mais attention ... - A. AUMAITRE -
L'élevage - N° hors série F. 22 : Animaux sains = Animaux productifs.
117. De la naissance au sevrage, les maladies infectieuses tuent 10 % des porcelets - L. RENAULT -
L'élevage - N° hors série F. 22 : Animaux sains = Animaux productifs.
118. Quelques données pratiques au sujet de la ventilation naturelle - L. ORDOQUY -
Constructions rurales - Bulletin Documentaire - N° 7 Juin 1973.
119. Les porcheries maternité et pré-engraissement - CABANIS -
Fermes Modernes et Equipement à la Campagne - Novembre 1973.
120. La ventilation mécanique contrôlée des locaux d'élevage - LEBEL -
Fermes Modernes et Equipement à la campagne - Décembre 1973.
121. L'écoulement du flux d'air dans la porcherie - GOEBEL -
Le Laitier Romand - 9 Juillet 1974.
122. The effect of low ambient temperatures on the energy metabolism of sows - HOLMES - MC LEAN -
Animal Production - Août 1974.
123. Air conditioning and sand breeding pits - JOHNSTON -
Hog Farm Management - Nov. 1973.
124. Design of inlet slots for ventilation of live-stock structures - CLAYBAUGH -
ASAE - Winter Meeting - Déc. 1973 - N° 73 - 3541.
125. I suini temono il caldo -
Suinicoltura - Avril 1974.
126. Guidelines to follow when air conditioning a farrowing house - HELICKSON -
Hog Farm Management - Juillet 1974.

127. Why you need to ventilate - DAVID -
Pig Farming - Avril 1974.
128. Choosing the right équipement (ventilation) -
Pig Farming - Juin 1974.
129. Time - proportioning control of livestock structure ventilation - REECE -
HARWOOD -
ASAE - Winter Meeting - 11-14 Déc. 1973 - N° 73 - 3537.
130. Leistungen von Hybridschweinen bei Stallklimabedingungen ausserhalb des
optimum - WEGNER -
24ème réunion annuelle F.E.Z. - 23-26 Septembre 1973.
131. Ventilation by pipe-lines ? LOOKER -
Pig Farming - Mars 1974.
132. Klima im geschlossenen Stall -
Lüftung Din 18 910 - 2 Septembre 1965.
133. Le condizioni climatiche negli ambienti di allevamento - LODOVICHIO -
Suinicoltura - Mars 1974.
134. Choosing a ventilation system - DAVID -
Pig Farming - Mai 1974.
135. Adequate natural ventilation - HARRISON -
Farm Buildings Digest - Automne 1973.
136. Environmental study of a dry sow house - KAVANAGH -
Irish J. of Agricultural Research - Août 1973.
137. Air jets for ventilation - OWEN -
Farm Buildings Digest - Eté 1973.
138. A wind-speed-operated fan control unit - MITCHELL-PRINGLE -
Farm Building Progress - Juillet 1973.
139. Effects of heat stress in brood sows - OMTVEDT -
Hog Farm Management - Mai 1973.
140. Smiffing out farm smells - PEAKIN -
Pig Farming - Juillet 1973.

141. Good ventilation the key - OWEN -
Power Farming - Août 1973.
142. The control of odours from piggeries - ROBERTSON -
Farm Building Progress - Juillet 1973.
143. Air movement through perforated floors - BRUCE -
Farm Building R& D studies - Janvier 1975.
144. Air flow patterns in piggeries - RANDALL -
Pig Farming - Mars 1975.
145. Effect of cold environment and growth rate on reproductive efficiency in
gilts - DYCK -
Canadian J. of Animal Science - Septembre 1974.
146. Make the air your ally - COOPER -
Farmers Weekly - 25 Mai 1973.
147. Comfortable pigs thrive better - HANRAHAN -
Farm and Food Research - Mars-Avril 1973.
148. Influenza dei fattori ambientali sulle performances dei suini - CURTO -
Suinicoltura - Mai 1973.
149. Condensation under metal sheeted roofs - KELLY -
Farm Building Progress - Avril 1973.
150. Natural ventilation by stack effect - BRUCE -
Farm Building Progress - Avril 1973.
151. Effect of slotted floors on air-flow characteristics in a model swine
confinement building - SCHULTE - DESHAZER - IFEADI -
Transactions of the ASAE - Septembre-Octobre 1972.
152. Ventilation investigations using a section of a livestock buildings and air
flow visualization by bubbles - CARPENTIER - MOULSLEY - RANDALL -
J. of Agricultural Engineering Research - Décembre 1972.
153. Heating requirements for pig housing - BRUCE -
Farm Building Progress - Avril 1974.

154. Livestock ventilation with heat exchange - RICHARD et al.
A.S.A.E. - 10-13 Décembre 1974 - Chicago - Paper - N° 74 - 4525 -
155. Respiratory disease in pigs : a study - Veterinary Record - 21 Juin 1975.
156. Effect of enzootic pneumonia on the performance of growing pigs - BRAUDE -
PLONKA -
Veterinary Record - 19 Avril 1975.
157. Abluftreinigungsanlagen in der Praxis - SCHIRZ -
Der Tierzüchter - 5 Avril 1975.
158. The pig's air environment in inclosed occomodations - CURTIS -
Freedstuffs - 17 Mars 1975.
159. Hydrogen sulfide production in swine confinement units - AVERY - MERVA -
GERRISH -
Transactions of the ASAE - Janvier-Février 1975.
160. Ventilation of swine buildings - DRIGGERS -
Hog Farm Management - Décembre 1974-1975 - Planner Issue.
161. Le contrôle de l'ambiance dans les porcheries industrielles - BENTUE-FERRER D.
Thèse Doctorat Vétérinaire - LYON 1976.

T A B L E D E S M A T I E R E S

<u>INTRODUCTION</u>	1
<u>CHAPITRE I</u> : Définition et rôles de la ventilation	4
<u>CHAPITRE II</u> : Les principes de la ventilation et la méthode de calcul du niveau de ventilation dans un bâtiment clos	7
° - Evacuation du CO ₂ et des autres gaz nocifs	8
° - Maintien du degré hygrométrique désiré	9
a) L'appréciation de la quantité de vapeur d'eau associée à 1 kg d'air sec intérieur ou extérieur	10
b) L'appréciation de la quantité de vapeur d'eau rejetée par les animaux par kilo d'air sec	10
° - Régulation de la température	12
° - Normes générales de ventilation pouvant être proposées	13
<u>CHAPITRE III</u> : Les techniques de ventilation	15
A - LA VENTILATION STATIQUE	16
- Généralités - Définition et principes	16
I - La ventilation statique horizontale	17
° - Les claies de ventilation	20
° - Les rideaux latéraux	20
° - Les fenêtres ou châssis vitrés	21
° - Les drains	22
° - Avantages et inconvénients de la ventilation statique horizontale	23

II - La ventilation statique verticale	24
° - Les ouvertures en toiture	26
° - La cheminée d'extraction	31
V - Les principales erreurs rencontrées en ventilation naturelle.	
Ses avantages et ses inconvénients	35
B - LA VENTILATION DYNAMIQUE	38
- Généralités.....	38
° - Définition	38
° - Principe de fonctionnement	38
° - Ventilation d'été - Ventilation d'hiver	39
° - Les méthodes de ventilation	39
I - La ventilation par dépression	40
° - Définition	40
° - La disposition des ventilateurs et des entrées d'air	40
° - La surface des orifices d'admission de l'air	42
° - L'installation de la ventilation.....	44
a) Les ventilateurs	44
b) La régulation	46
c) La protection électrique des ventilateurs	51
d) La protection mécanique des ventilateurs	52
° - Les différentes conceptions de ventilation par dépression	53
a) Le simple balayage	53
b) Ventilateurs et entrées d'air placés sur le même pan du bâtiment	54
c) La double extraction latérale	54
d) L'extraction par gaines	55
e) L'extraction par le faîte et entrée d'air par les côtés	56
f) Ventilation en dépression par aspiration au niveau de la fosse ou des canaux à lisier	57

6° - Avantages et inconvénients de la ventilation par dépression	66
III - La ventilation par surpression	67
1° - Définition	67
2° - Les caractéristiques de la ventilation par surpression	67
3° - Les différentes conceptions de ventilation par surpression	68
a) Le simple balayage transversal	68
b) Ventilateurs et ouvertures d'évacuation sur la même paroi	69
c) Ventilateurs pulsant l'air neuf au-dessus d'un faux-plafond.....	69
d) Gaine centrale de diffusion	69
e) Gaine latérale de diffusion	70
f) Cheminée en faitage	70
4° - Avantages et inconvénients de la ventilation par surpression	70
IV - La ventilation mixte	72
1° - Définition	72
2° - Les différents systèmes de ventilation mixte	72
a) Par simple balayage	72
b) Pulsion centrale avec diffuseur et extractions latérales	73
c) Gaine centrale de distribution de l'air neuf et extration sur cha- que paroi latérale	73
d) Système de ventilation mixte avec échangeur de chaleur	74
e) Système de ventilation mixte par un ventilateur spécial	75
V - Les anomalies les plus fréquemment rencontrées en ventilation dynamique	75
VI - Les principaux avantages et inconvénients de la ventilation dynamique	76

VII - Quelques exemples de modifications avec succès de la ventilation dans des bâtiments existants	77
 <u>CHAPITRE IV</u> : Les exigences climatiques des différentes catégories de porcs	81
A - LES COCHETTES	82
B - LES VERRATS	82
C - LES TRUIES	84
D - LA MATERNITE	85
E - LES LOCAUX DE POST-SEVRAGE-PRE- ENGRAISSEMENT	88
F - LA PORCHERIE D'ENGRAISSEMENT	97
 I - Les exigences climatiques des porcs à l'engrais : Principes et normes à respecter	97
1° - Principes	97
2° - Normes	99
a) Le cubage d'air	99
b) Le débit d'air neuf	99
c) Les concentrations admissibles des gaz nocifs	99
d) La vitesse de l'air ambiant	101
3° - Les résultats obtenus par l'Institut Technique du Porc en matière de ventilation des porcheries	105
 II - Les particularités de l'engraissement sur caillebotis	114

III - La ventilation et le chauffage	116
IV - La ventilation et les nuisances olfactives	117
V - L'influence des types de ventilation et des conditions d'ambiance sur les performances en porcheries d'engraissement	119
VI - Les principales conséquences néfastes d'une mauvaise ventilation	123
1° - Une hygrométrie excessive	123
2° - La malpropreté des cases et des porcs	124
3° - Une température trop élevée	125
4° - Des teneurs élevées en gaz toxiques	125
5° - Un accroissement des odeurs	127
6° - L'agressivité et le cannibalisme	127
7° - Les conséquences pathologiques	127
8° - Les conséquences économiques	128
<u>CONCLUSIONS</u>	130
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	132

